

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

NABÍJECKA AUTOBATERIÍ SE SPÍNANÝM ZDROJEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

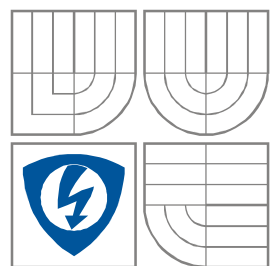
BC. JOSEF KADLEC

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY  
A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

## NABÍJEČKA AUTOBATERIÍ SE SPÍNANÝM ZDROJEM

THE INVERTER BASED BATTERY CHARGER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

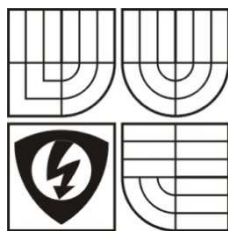
Bc. JOSEF KADLEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DALIBOR ČERVINKA, Ph.D.

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

# Diplomová práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

**Student:** Josef Kadlec, Bc.

**Ročník:** 2

**ID:** 78616

**Akademický rok:** 2009/10

**NÁZEV TÉMATU:**

**Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Proved'te zatěžovací zkoušky na nabíječce vyrobené v rámci předchozích projektů.
2. Zpracujte kompletní výrobní dokumentaci nabíječky.
3. Vytvořte návod k použití a zjednodušený servisní manuál.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

**Termín zadání:** 1.10.2009

**Termín odevzdání:** 20.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.**

*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

## **Abstrakt**

Posláním této diplomové práce je podat podrobné informace o nabíječce olověných akumulátorů se spínaným zdrojem. Tento zdroj je typu jednočinný propustný měnič s transformátorem. Jmenovité napětí nabíječky činí 6 a 12V. Samotné nabíjení probíhá metodou konstantního napětí s omezením proudu, přičemž jednotlivé hodnoty omezení jsou 0,5A, 5A a 20A. Maximální proud nabíječky činí 50A. Ten pomůže akumulátoru při startování vozidla například v zimě. Přístroj je také vybaven kontrolkami, které signalizují konec nabíjení.

## **Abstract**

The aim of this master's thesis is provide detailed information about car battery's charger with a switching power supply. The kind of this power supply is one-pulsed conducting inverter with transformer. The charger's rates of nominal voltage are 6 and 12 V. The method of charging is charging by constantly voltage with a current limitation. The values of a current limitations are 0.5A, 5A and 20A. The charger's maximal current is 50A. This current can help to the accumulator with starting of a vehicle. This device is equipped by indicators which indicate the end of charging.

## **Klíčová slova**

olověný akumulátor; spínaný zdroj; jednopulsní propustný měnič s transformátorem;  
nabíječka; nabíjení konstantním napětím; proudové omezení; budič; řídicí obvod

## **Keywords**

lead accumulator; switching power supply; one-pulsed conducting inverter with transformer;  
charger; charging by constantly voltage; current limitation; exciter; control circuit

## **Bibliografická citace**

KADLEC, J. *Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne: 20.5.2010

Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu semestrálního projektu Prof. Ing. Daliboru Červinkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych také rád poděkoval doc. Ing. Pavlu Vorlovi, Ph.D. za pomoc při oživování nabíječky.

Nemenší dík také náleží firmě AZ servis Nové Veselí, konkrétně Ing. Petru Pospíchalovi, za pomoc při návrhu a samotnou výrobu přístrojové skříňky.

V Brně dne: 20.5.2010

Podpis autora .....



## OBSAH

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY .....</b>	<b>13</b>
<b>3 NABÍJECÍ METODA .....</b>	<b>16</b>
<b>4 ELEKTRICKÁ ČÁST NABÍJEČKY .....</b>	<b>18</b>
4.1 JEDNOČINNÝ PROPUSTNÝ MĚNIČ S TRANSFORMÁTOREM .....	18
4.2 ŘÍDICÍ OBVODY .....	21
4.3 BUDIČE .....	23
4.4 BLOK NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ .....	24
4.5 BLOK REFERENČNÍHO NAPĚTÍ NA DESCE REGULÁTORU NAPĚTÍ .....	26
4.6 BLOK MĚŘENÍ A ZOBRAZENÍ PROUDU .....	27
4.7 BLOK OVLÁDÁNÍ SIGNÁLNÍCH LED .....	30
4.8 BLOK SPÍNÁNÍ VENTILÁTORŮ .....	32
4.9 VNĚJŠÍ OCHRANY .....	34
<b>5 DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ .....</b>	<b>36</b>
5.1 HLAVNÍ DESKA .....	36
5.2 DESKA REGULÁTORU NAPĚTÍ .....	38
5.3 PROPOJKY MIMO DESKY .....	41
<b>6 VÝROBA INDUKČNÍCH SOUČÁSTEK .....</b>	<b>42</b>
6.1 VÝROBA VÝKONOVÉHO TRANSFORMÁTORU A VÝSTUPNÍ TLUMIVKY TR1 .....	42
6.2 VÝROBA PROUDOVÉHO TRANSFORMÁTORU TR2 .....	43
6.3 VÝROBA BUDICÍHO TRANSFORMÁTORU TR4 .....	44
6.4 VÝROBA VZDUCHOVÉ INDUKČNOSTI L4 .....	45
6.5 VÝROBA PŘÍDAVNÉ INDUKČNOSTI L1 .....	45
<b>7 CHLADICÍ SOUSTAVA .....</b>	<b>47</b>
<b>8 MECHANICKÁ ČÁST NABÍJEČKY .....</b>	<b>50</b>
<b>9 UŽIVATELSKÝ MANUÁL .....</b>	<b>52</b>
9.1 POPIS ZAŘÍZENÍ.....	52
9.2 NÁVOD K POUŽITÍ.....	53
<b>10 ZÁVĚR.....</b>	<b>55</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>56</b>





## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Obecná nabíjecí a vybíjecí křivka olověného akumulátoru [1] .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2: Průběhy proudu na čase při nabíjení konstantním napětím 2,27 V na článek pro proudová omezení <math>I = \{0,3; 0,2; 0,1; 0,05\} \cdot C</math> [4].....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 3: Znázornění průběhu nabíjecího proudu a napětí na akumulátoru [1] .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 4: Schéma jednočinného propustného měniče (bez zdroje napájecího napětí <math>U_{cc}</math>).....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 5: Vliv parazitních kapacit při stavu naprázdno a při zatížení [5] .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 6: Schéma zapojení řídicího obvodu.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 7: Blokové schéma integrovaného obvodu UC3845 [6] .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 8: Tvar proudu na napěťovém děliči [5] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 9: Schéma zapojení budičů .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 10: Schéma zapojení bloku napájecího napětí .....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 11: Vnitřní blokové schéma spínaného stabilizátoru LT2576T-ADJ [7] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 12: Schéma zapojení zdroje referenčního napětí na DRP pomocí obvodu TL431 a blokové schéma samotného IO [8].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 13: Schéma zapojení pro měření a zobrazení proudu .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 14: Schéma obvodu signalizující proudové omezení.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 15: Schéma zapojení pro spínání ventilátorů.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 16: Vnitřní zapojení síťového filtru včetně jeho parametrů [2] .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 17: Znázornění stavu při přepólování autobaterie [2].....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 18: Kompletní schéma zapojení Hlavní desky.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 19: Znázornění drátových propojek mezi budiči a tranzistory.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 20: Znázornění upevnění kontrolky D6, D7 .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 21: Rozměry plastové fólie nasazené na jezdcí přepínače S2.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 22: Kompletní schéma zapojení desky regulátoru napětí.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 23: Znázornění všech propojení nacházejících se mimo obě desky .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 24: Principiální znázornění výkonového transformátoru TR1 (nahore – pohled ze strany vyššího napětí, dole – pohled z boku) .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 25: Principiální znázornění proudového transformátoru.....</i>	<i>44</i>



<i>Obr. 26: Názorná fotografie indukčnosti <math>L_4</math>.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 27: Fotografie přídatné indukčnosti <math>L_1</math> .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 28: Znázornění profukování přístrojové skříňky z jedné strany bez vzájemného omezování.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 29: Pohled na přední panel nabíječky.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 30: Znázornění barvy svícení pro určitou velikost napětí a proudu.....</i>	<i>53</i>

## SEZNAM OBRÁZKŮ V PŘÍLOZE

<i>Obr. 31: Hlavní deska - DPS, vlevo strana TOP, vpravo BOTTOM (M 1 : 1).....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 32: Hlavní deska – pozice součástek, vlevo strana TOP, vpravo BOTTOM.....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 33: Deska regulátoru napětí - DPS (M 2 : 1).....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 34: Deska regulátoru napětí - DPS (M 1 : 1 ).....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 35: Příloha č. 3: Deska regulátoru napětí - pohled ze strany TOP (M 2 : 1)...</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 36: Deska regulátoru napětí - pohled ze strany BOTTOM (M 2 : 1).....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 37: Celkový pohled na nabíječku.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 38: Pohled ze strany chladiče.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 39: Pohled ze shora .....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 40: Pohled zezadu.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 41: Výstupní svorky.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 42: Princip uchycení HD do dna korpusu .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 43: Detail nalepené izolační pásky na vnitřní straně víka .....</i>	<i>13</i>



## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Srovnání výstupních proudů lineárního a logaritmického A/D převodníku</i>	
.....	28

## SEZNAM TABULEK V PŘÍLOZE

<i>Tabulka 2: Seznam součástek hlavní desky</i> .....	1
<i>Tabulka 3: Seznam součástek Desky regulátoru napětí</i> .....	3
<i>Tabulka 4: Seznam součástek nacházejících se mimo desky</i> .....	5
<i>Tabulka 5: Seznam mechanických součástí</i> .....	6

## SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres č. 1:	Naznačení závitů v chladiči typu SK544
Výkres č. 2:	Podložka pod chladič
Výkres č. 3:	Přístrojová skříňka – korpus
Výkres č. 4:	Přístrojová skříňka – víko
Výkres č. 5:	Detail A – zadní stěna
Výkres č. 6:	Detail B – přední panel
Výkres č. 7:	Zadní plech
Výkres č. 8:	Pomocné plechy
Výkres č. 9:	Přední strana nabíječky



## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

C10	desetihodinová kapacita
C20	dvacetihodinová kapacita
Ah	ampérhodina
DPS	deska plošného spoje
HD	hlavní deska
DRN	deska regulátoru napětí
MOS-FET	unipolární tranzistor (řízený polem)
$S_{\max}$	maximální střída
D	označení kolektoru unipolárního tranzistoru, angl. drain
S	označení emitoru unipolárního tranzistoru, angl. source
G	označení báze unipolárního tranzistoru, angl. Gate
IO	integrovaný obvod
Ucc	napájecí napětí
B	označení báze bipolárního tranzistoru
E	označení emitoru bipolárního tranzistoru
C	označení kolektoru bipolárního tranzistoru
LED	zkratka pro elektroluminiscenční diodu (z angl. ligh-emitting diode)
SMD	součástky pro povrchovou montáž (Surface Mount Device)
OZ	operační zesilovač
TOP	přední strana Hlavní desky
BOTTOM	zadní strana Hlavní desky



# 1 ÚVOD

Tato diplomová práce popisuje nabíječku olověných akumulátorů se spínaným zdrojem. Akumulátor je z tohoto zdroje nabíjen metodou konstantního napětí s proudovým omezením.

Druhá kapitola stručně popisuje olověný akumulátor. Pro řešení nabíječky je totiž nutné seznámit se i se samotným akumulátorem.

Třetí kapitola pojednává o nabíjecí metodě. Zároveň rozšiřuje obzor o další možné metody.

Kapitola čtvrtá představuje nejrozsáhlejší část textu. Kompletně je v ní rozloženo celé schéma nabíječky na bloky, jejichž funkce se následně podrobně popíše.

Kompletní informace o deskách plošných spojů uvádí kapitola pátá. Nejen že jsou v ní uvedena kompletní schémata jednotlivých desek, ale zároveň se zde popisuje způsob osazení některých problematických součástek.

Technologický postup pro výrobu specifických součástek indukční povahy líčí kapitola šestá.

Způsob chlazení nabíječky vystihuje kapitola sedm. Dále se v ní popisuje chlazení přístroje pomocí metody, která nasává i vyfukuje chladicí vzduch z jedné strany nabíječky. Tyto proudy vzduchu o rozdílných teplotách se však vzájemně neovlivňují.

Osmá kapitola popisuje kompletní montážní postup pro zdárné sestavení nabíječky z hlediska mechanické části. Osvětluje například ukotvení jednotlivých desek a některých komponent nacházejících se mimo ně.

Stručný servisní manuál je náplní deváté kapitoly. Vysvětluje význam jednotlivých funkcí nabíječky a způsoby nabíjení tak, aby to pochopil i laik.

Příloha rozšiřuje diplomovou práci o typ informací, které přesahují rámec jednotlivých kapitol. Její součástí jsou i výkresy mechanických částí a fotografie zachycující detailní informace problematiky.

Digitální příloha obsahuje všechny data vyskytující se v této práci, plus soubory jednotlivých rozhraní, jako například EAGLE či Auto CAD.



## 2 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY

Olověný akumulátor patří v dnešní době k nejpoužívanějším napájecím, respektive sekundárním zdrojům, především díky své nízké ceně. Pro zajímavost, první olověný akumulátor byl zhotoven roku 1859 francouzským badatelem Gastonem Planté.

Dalo by se zjednodušeně říct, že olověný akumulátor je tvořen dvěma elektrodami potopenými do zředěné kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), přičemž právě dvě tyto desky tvoří jeden článek olověného akumulátoru. Řazením článků do série se vytváří akumulátorová baterie. Chemický proces nabíjení a vybíjení lze popsat rovnicí:

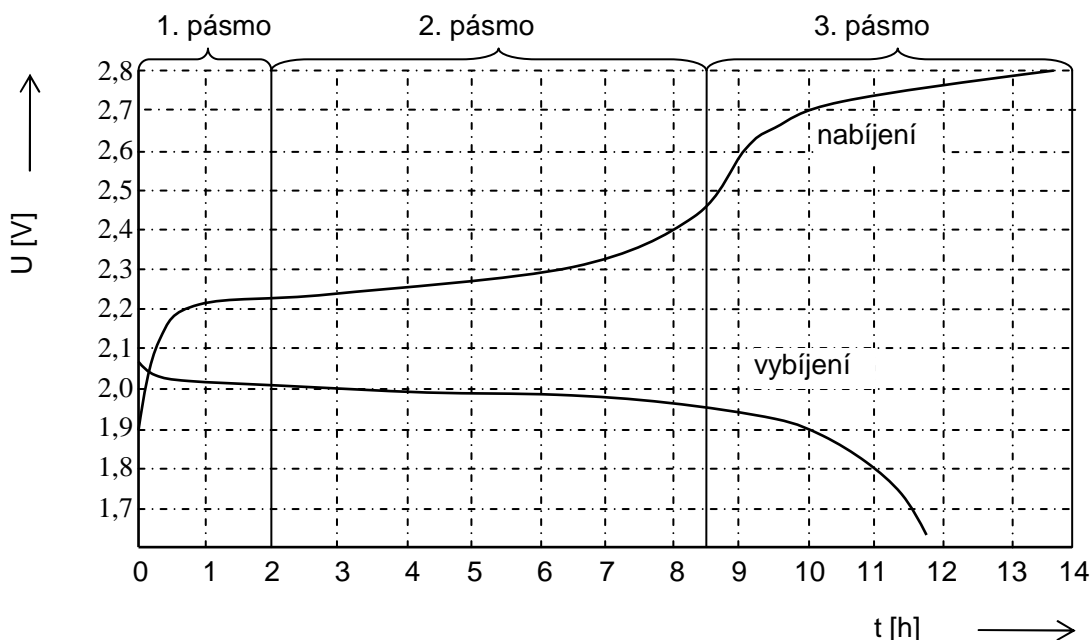


(šipka směřující vpravo platí pro nabíjení, vlevo pro vybíjení)

Elektrolyt při *nabíjení* houstne, neboť vzniká kyselina sírová. Po nabití akumulátoru vznikne na kladné elektrodě oxid olovičitý ( $\text{PbO}_2$ ), který má červenohnědou barvu. Na záporné elektrodě vzniká tmavošedé olovo ( $\text{Pb}$ ), jenž je jemně rozptýlené.

Opačný děj nastává při *vybíjení*: hustota elektrolytu se zmenšuje, neboť se spotřebovává kyselina sírová. Na elektrodách se ve vybitém stavu nachází síran olovnatý ( $\text{PbSO}_4$ ), který má na kladné elektrodě červenohnědou a na záporné elektrodě tmavošedou barvu. Nejspolehlivějším ukazatelem stavu baterie je hustota, jejíž velikost se zvětšuje se zvětšujícím se nábojem. Dalším ukazatelem je zvyšující se napětí na článek při nabíjení. Mezi další indikátor by se mohlo zařadit plynování elektrolytu. Vizuálně to může připomínat var vody v konvici. Pokud však elektrolyt plynuje intenzívně, tak to znamená, že byl již ukončen rozklad síranu olova a dochází k elektrolýze vody. Ta se rozkládá na kyslík a vodík. Znamená to tedy, že *nabíjení akumulátorů ve velkém množství může v nevětrané místnosti způsobit vznik třaskavého plynu, jenž by při nahromaděném množství mohl způsobit explozi.*

Jak již bylo zmíněno, při vybíjení dochází k poklesu hustoty elektrolytu, protože se spotřebovává kyselina sírová a vzniká voda. Koncentrace kyseliny sírové se v nabitém akumulátoru nachází v intervalu 28 až 40 % (podle druhu akumulátoru). Na konci vybíjení klesne koncentrace  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na 12 až 24 %. Podle druhého ukazatele stavu akumulátoru, tedy napětí naprázdno, lze na nabitém akumulátoru naměřit napětí 2,06 až 2,15V na článek a na téměř vybitém 1,95 až 2,03V na článek.



Obr. 1: Obecná nabíjecí a vybíjecí křivka olověného akumulátoru [1]

Nabíjení a vybíjení olověného akumulátoru je dané křivkami na Obr. 1. Křivka znázorňující nabíjení prochází třemi pásmy:

1. Pásmo: po připojení zdroje nabíjecího proudu se zvyšuje napětí kvůli tvorbě kyseliny v pórech olověných desek. Jedná se o oblast od 1,75 do 2,2V na článek. Hustota elektrolytu se zvětší z 0,95 g/cm<sup>3</sup> na 1,15 g/cm<sup>3</sup>.
2. Pásmo: dochází k přeměně síranu olovnatého. Pásmo leží v intervalu napětí 2,2 až 2,45V na článek. Hustota elektrolytu se zvýší až na 1,25 g/cm<sup>3</sup>.
3. Pásmo: po překročení napětí 2,45V na článek se kromě síranu olovnatého začne rozkládat i voda (na kyslík a vodík). Akumulátor tedy plynuje. Po rozložení veškerého síranu olovnatého se napětí na článku dostane až na hodnotu 2,7 až 2,8V. Při tomto napětí, které se dále nezvyšuje. Akumulátor už intenzivně plynuje.

Vnitřní odpor akumulátoru dosahuje hodnot kolem 0,001  $\Omega$  (podle typu akumulátoru). Odpor se mění s hustotou a teplotou elektrolytu. Odpor akumulátoru se zvyšuje při snižování teploty asi o 0,4 % na  $^{\circ}\text{C}$ . Odpor se zmenšuje při nabíjení a zvětšuje při vybíjení. Nabíjený akumulátor má ve srovnání s vybitým akumulátorem poloviční odpor.

Kapacita akumulátoru závisí na velikosti aktivní plochy elektrod. 36 g aktivní hmoty vytvoří kapacitu asi 1Ah. Důležité je, že kapacita akumulátoru závisí i na velikosti vybíjecího proudu. Akumulátor při vybíjení dává zatěžovací proud po dobu udávanou číslem písmenem C, například často užívané desetihodinové C10 nebo dvacetihodinové kapacity C20. Znamená to, že plně nabitý akumulátor



o velikosti kapacity  $C_{10} = 100\text{Ah}$  se bude po dobu 10-ti hodin vybíjet proudem 10A. Pokud však bude akumulátor vybíjen větším proudem, nebude schopen dodat tolik Ah [1].

Podle způsobu použití můžeme olověné akumulátory rozdělit do třech základních skupin:

a) **Startovací akumulátory** – jejich hlavní rolí je pouze dodat potřebný proud pro spouštěč, který musí vyvinout dostatečný moment k nastartování automobilu. Proto musejí být schopny dodat opakovaně proud ve stovkách ampér při stanoveném poklesu napětí na článek. Kvůli takto velkým proudům se pohybuje vnitřní odpor v jednotkách miliohmů. Při dobře fungující dobíjecí soustavě tedy není tolik podstatné, kolik Ah z akumulátoru dostaneme.

b) **Trakční akumulátory** – tento typ akumulátorů se používá ve vozidlech. Měly by být schopny dodat velké proudy. Za jeden cyklus musejí být schopny vydat ze sebe co nejvíc Ah, neboť čím víc Ah ze z nich zužitkuje na chod vozidla, tím bude mít toto vozidlo větší dojezd.

c) **Staniční akumulátory** – používají se především jako záložní zdroje. Téměř většinu času jsou připojeny na zdroj, který je nabíjí. Energii začnou dodávat do sítě až při výpadku sítě. Stejně jako u trakčních je důležité z těchto akumulátorů dostat co nejvíce energie, neboť čím víc energie, tím delší bude doba zálohování.





### 3 NABÍJECÍ METODA

Jak již bylo zmíněno, při nabíjení dochází k obnově elektrického náboje v akumulátoru. Obecně neplatí, že jaký náboj se z akumulátoru získá, tak takový stačí dodat pro plné nabití. Pro plné nabití se do akumulátoru musí dodat o 15 až 20 % víc náboje, než kolik se z něj dostalo při vybíjení. Důležité je, aby byl akumulátor nabíjen v teplotním intervalu 15 až 40 °C. Nabítený akumulátor se pozná tak, že se na něm po dobu několika hodin nemění velikost napětí (rozmezí 2,4 až 2,8V na článek). To vše při hustotě elektrolytu mezi 1,26 – 1,285 g/cm<sup>3</sup>.

Existují různé charakteristiky podle norem. V následujících bodech jsou vyjmenovány základní charakteristiky a k nim jsou přidány charakteristiky odvozené [3]:

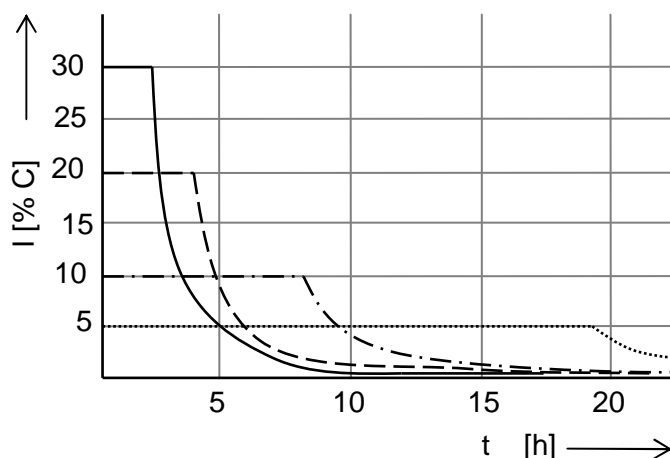
- **I – charakteristika konstantního proudu** – akumulátor se nabíjí od začátku do konce konstantním proudem, následně se buď ručně (**I**) nebo automaticky vypíná (**Ia**)
- **U – charakteristika konstantního napětí** – nabíječka má snahu od počátku nabíjení dodat konstantní (konečné) napětí, ovšem pro vybitou baterii by takovému napětí odpovídaly velké proudy, proto se tyto proudy musejí omezovat. Nabíjí se tedy *konstantním napětím s omezením proudu*.
- **W – charakteristika klesající** – Proud během nabíjení klesá se stoupajícím napětím až na ustálenou hodnotu. Konečný ustálený nabíjecí proud se odpojí buď ručně (**W**) nebo automaticky (**Wa**)

Písmenka upřesňující typ charakteristiky:

- **a** – automatické vypínání
- **o** – samočinné přepínání na jinou charakteristiku

Existují ještě další kombinace různých metod, jako například: **WoWa, WoW, IU, WU, IUW, IUla a IUoU**. Tyto metody jsou podrobně popsány v lit. [3].

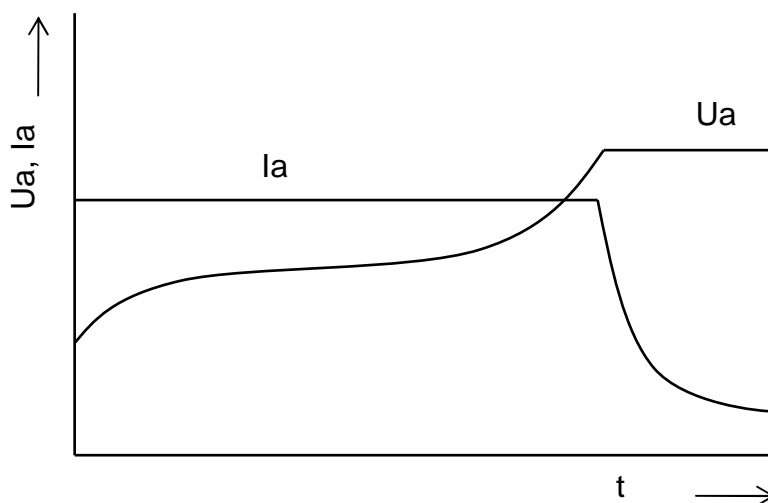
Tato diplomová práce pojednává o nabíječce, která pracuje na principu **konstantního napětí s omezením proudu**. Tento způsob je nejvhodnější pro bezúdržbové akumulátory [1]. Jak již bylo popsáno výše, velké proudy se musejí omezit, aby nedošlo k poškození akumulátoru. Následující obrázek znázorňuje, jak se změní nabíjecí doba při nabíjení různou velikostí proudu. Dále je patrné, že ke konci nabíjení proud limitně klesá k nule.



Obr. 2: Průběhy proudu na čase při nabíjení konstantním napětím 2,27V na články pro proudová omezení  $I = \{0,3; 0,2; 0,1; 0,05\} \cdot C$  [4]

Nabíječka je nastavena na napětí 2,4V na článek. Pro 6V akumulátor je tedy konstantní napětí nastaveno na 7,2V a pro 12V akumulátor na 14,4V. Vzhledem k tomu, že je nabíječka určena pro širší škálu kapacit akumulátorů, jednotlivá proudová omezení mají velikost 0,5A, 5A a 20A. Proud 50A není vhodný pro nabíjení, nýbrž jako pomoc při startování vozidla. Počáteční nabíjecí proud by měl být kolem hodnoty 0,6 až 1,2 násobku kapacity akumulátoru.

Obr. 3 zobrazuje průběh nabíjecího proudu a napětí na akumulátoru. Konstantní části napěťové křivky  $U_a$  odpovídá hodnota 2,4V na článek. Od této doby již nepracuje proudové omezení a signalizační kontrolka pro daný rozsah se rozsvítí zeleně. Ovšem po dobu, kdy je proud omezován (konstantní  $I_a$ ), tato kontrolka svítí červeně. Veškeré signalizace budou popsány v některé z dalších kapitol.



Obr. 3: Znáznornění průběhu nabíjecího proudu a napětí na akumulátoru [1]



## 4 ELEKTRICKÁ ČÁST NABÍJEČKY

Při pohledu na nabíječku lze její elektrickou část rozdělit do tří základních prvků.

Prvním elementem je deska plošného spoje (dále jen DPS) **Hlavní deska** (HD). Ze všech tří prvků obsahuje nejvíce součástek. Veškeré silové obvody, jako jednočinný propustný měnič s budiči a zdroj pro ventilátory, leží právě na ní. Jedná se oboustrannou DPS, která se kvůli vysokým proudům musela nechat vyrobit na zakázku. Hlavní deska je do určité míry univerzální spínaný zdroj, jehož parametry, jakožto výstupní napětí a proud, jsou řízeny nadřazenými obvody nacházejícími se na desce popsané v následujícím odstavci.

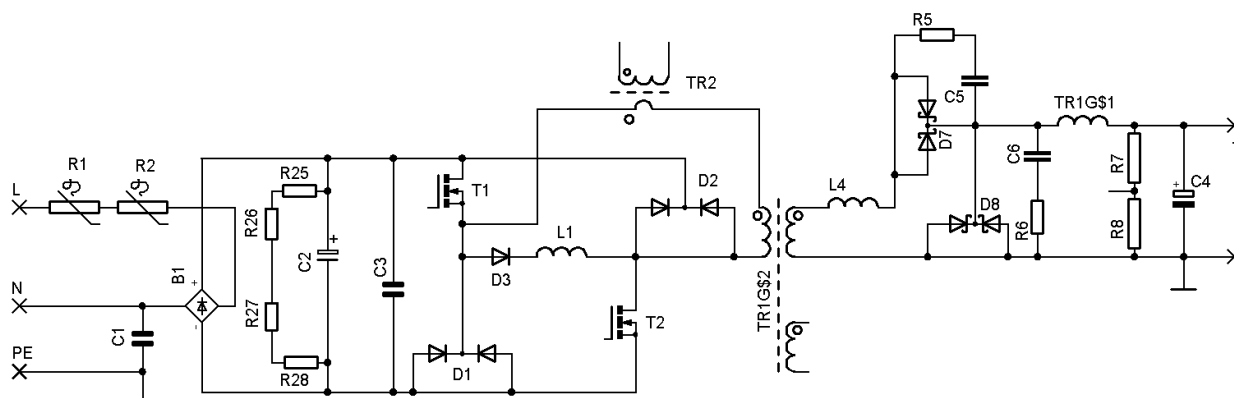
Druhou důležitou deskou, ovšem citelně menších rozměrů, je **Deska regulátoru napětí** (DRN). Na ní již není žádný silový obvod. Nacházejí se na ní veškeré kontrolky, přepínače a různé obvody řídící některé funkce silových obvodů na Hlavní desce.

Poslední část elektrické výzbroje nabíječky tvoří ochranné obvody nacházející se **mimo obě desky**. Patří mezi ně propojky mezi deskami, ventilátory, síťový filtr s primární pojistkou a ochranný obvod proti přepólování.

V následujících podkapitolách budou objasněny funkce jednotlivých bloků schématu. Některé celky jako například řídící obvod se mohou pozičně nacházet z části na obou DPS. Ve schématech však bude hranice mezi HD, DRN popřípadě obvody mimo desky oddělena čarou.

### 4.1 Jednočinný propustný měnič s transformátorem

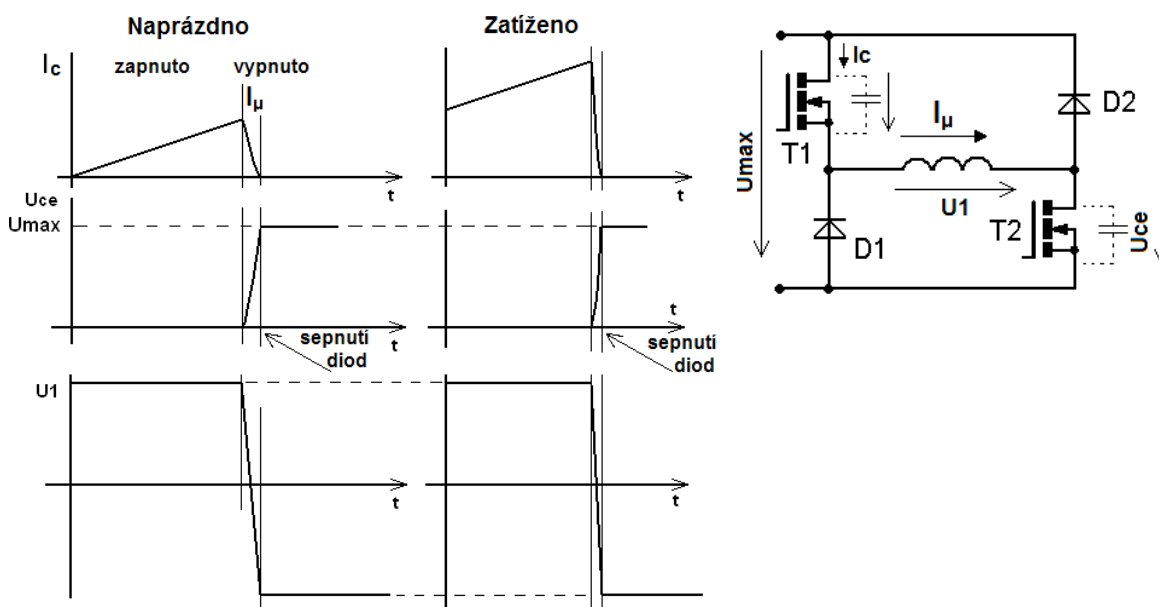
Dalo by se říct, že jednočinný propustný měnič s transformátorem je takovým srdcem celého spínaného zdroje, celé nabíječky. Tento typ spínaného zdroje byl zvolen především kvůli své jednoduchosti. Celé zapojení měniče se nachází na HD.



Obr. 4: Schéma jednočinného propustného měniče (bez zdroje napájecího napětí  $U_{cc}$ )

NTC termistory R1 a R2 potlačují proudový náraz po zapnutí nabíječky. Především se jedná o proud nabíjející velký elektrolytický kondenzátor C2. Kondenzátor C1 je typu Y, což znamená, že potlačuje parazitní vysokofrekvenční proudy. Síťové napětí se pomocí Grätzova můstku B1 dvojcestně usměrní a přivede do stejnosměrného meziobvodu. Tam je vyhlazeno elektrolytickým kondenzátorem C2 a sítkovým polypropylenovým kondenzátorem C3. C3 musí být bezindukční, aby nedocházelo k napětovým překmitům na tranzistorech. Odporů R25 až R28 vybijí velký kondenzátor C2 po vypnutí nabíječky. Takto velké kondenzátory se standardně musejí vybíjet, aby nedošlo k úrazu obsluhy.

Za stejnosměrným meziobvodem se nachází měnič pracující v I. a IV. kvadrantu. Měnič tvoří levá větev (MOS-FET tranzistor T1 a Schottkyho dioda D1) a pravá větev (D2, T2). Zátěží dvoukvadrantového měniče je přídavná indukčnost L1 paralelně se sériovou kombinací proudového transformátoru TR2 a výkonového transformátoru TR1. Proudový transformátor zajišťuje měření proudu pro ovládací obvody. Přídavná indukčnost L1 je zasazena do obvodu proto, aby snížila indukčnost transformátoru TR1 a tím zvětšila magnetizační proud. Jak ukazuje Obr. 5, čím větší je hodnota magnetizačního proudu, tím rychleji se přebije parazitní kapacita mezi D a S tranzistorů. Demagnetizační proud transformátoru TR1 a indukčnosti L1 začne téct diodami D1 a D2 až po úplném nabití parazitních kapacit. Demagnetizační proud musí vždy klesnout na nulovou hodnotu, protože jinak by každou periodou narůstal až do havárie zdroje. Proto je zřejmé, že pro přebíjení parazitních kapacit je nejhorším stavem právě stav naprázdno. Kvůli bezpečnému přebití kapacit a demagnetování indukčností se obvykle volí maximální střída  $s_{max}$  propustného měniče 0,43. Dioda D3 je v paralelní větvi kvůli tomu, aby se transformátor TR1 nedemagnetoval do indukčnosti L1.



Obr. 5: Vliv parazitních kapacit při stavu naprázdno a při zatížení [5]

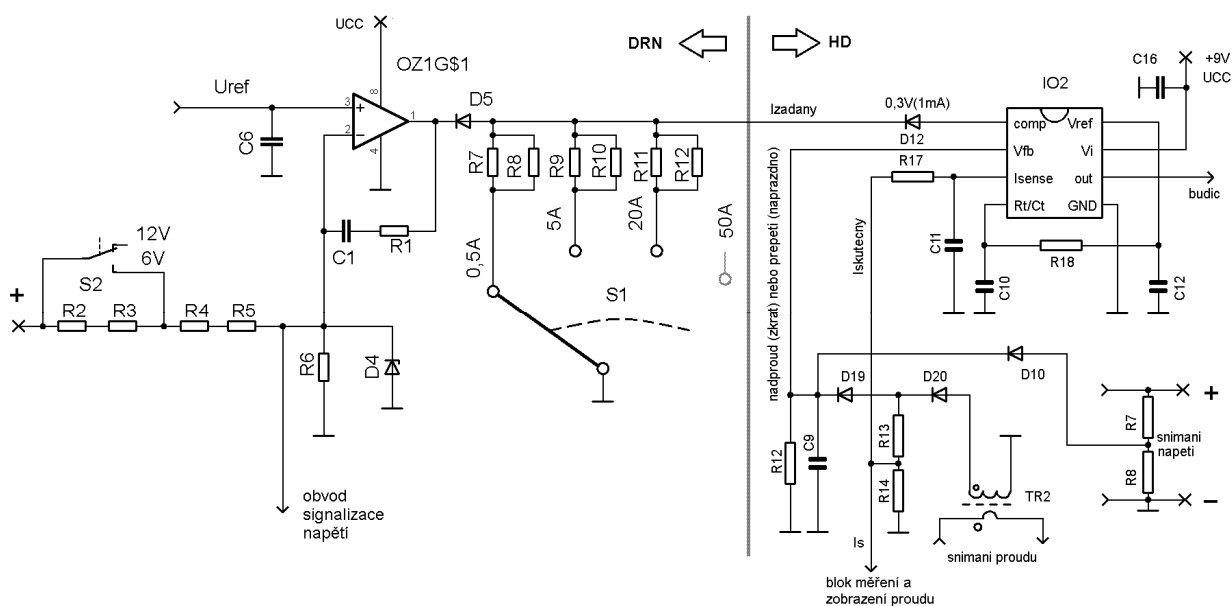
Sekundár transformátoru TR1 pracuje do propustného měniče tvořeného Schottkyho duodiodou D7, která pracuje při sepnutých tranzistorech. V tomto stavu propouští proud do výstupní tlumivky TR1 a zároveň do zátěže. Schottkyko duodioda D8 oproti tomu pracuje při vypnutých tranzistorech. Do zátěže přes ni teče proud indukovaný v tlumivce. Kondenzátor C4 vyhlazuje výstupní napětí na požadovanou úroveň, která je měřena napěťovým děličem s odpory R7, R8 a napěťový signál o její velikosti je následně zpracováván řídicími obvody (viz dále). Tyto dva odpory nastavují maximální velikost napětí ve stavu naprázdno, pokud není připojena napěťová regulace. Jmenovitou hodnotu napětí nabíječky nastavují odpory R2 až R6 na DRN (viz následující kapitola). Kvůli úspoře místa je výstupní tlumivka TR1 navinuta na výkonový transformátor TR1 tak, aby na sebe byly siločáry obou indukčních součástí kolmé. (proto mají obě stejné označení). Součástka TR1 bude podrobněji popsána později.

Vzduchová tlumivka L4 změkčuje výkonový transformátor, aby odlehčila sepnutí některých součástí. RC členy připojené paralelně k diodám D7 a D8 zrychlují komutaci diod.

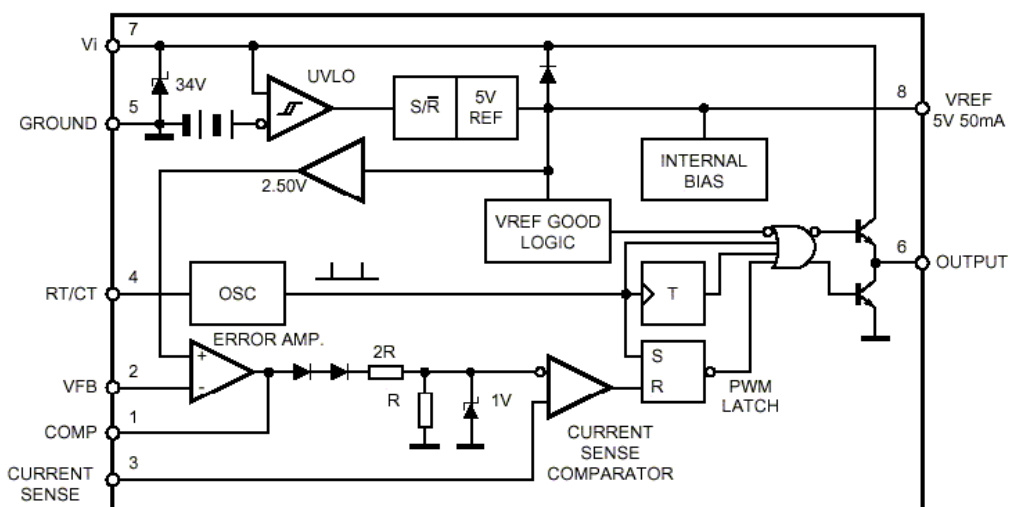
Výkonový transformátor má na sekundární části dvě vinutí. Druhé vinutí je použito jako zdroj napájecího napětí  $U_{cc}$  (kapitola 4.4).

## 4.2 Řídicí obvody

Pokud byl jednočinný propustný měnič s transformátorem nazván srdcem nabíječky, tak níže popsané řídicí obvody by se daly nazvat jeho mozkem. Aby bylo možné znázornit celé schéma řídicího obvodu, bylo nutné spojit jeho část z obou desek. Kompletní schéma řídicího obvodu naznačují Obr. 6 a Obr. 7.

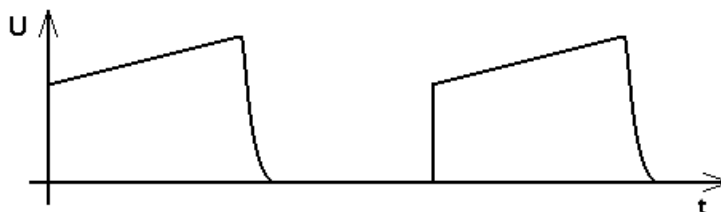


Obr. 6: Schéma zapojení řídicího obvodu



Obr. 7: Blokové schéma integrovaného obvodu UC3845 [6]

Skupina součástek v pravém dolním rohu Obr. 6 zajišťuje **snímání napětí a proudu**. Napětí je snímáno už zmíněným napěťovým děličem R7, R8, který je připojen přímo na výstupu spínaného zdroje. Proud je snímán proudovým transformátorem TR2. Za diodou D20 se na napěťovém děliči R13, R14 vytvoří napětí s následujícím průběhem:



Obr. 8: Tvar proudu na napěťovém děliči [5]

Špička tohoto signálu se pro maximální proud pohybuje okolo 2,5V. Tento signál je veden přes diodu D19, kde se vyhladí na svoji maximální hodnotu na kondenzátoru C9. Odpor R12 tvoří s tímto kondenzátorem časovou konstantu. Jak je vidět, tak diody D10 a D19 jsou obě připojeny na kondenzátor C9, takže spolu tvoří logický OR. Je tedy zřejmé, že integrovaný obvod na zkrat (nadproud) či přepětí (napětí naprázdno) reaguje stejně.

Napětí na odporu R14 má stejný tvar jako na celém děliči, pouze s tím rozdílem, že jeho amplituda dosahuje velikosti 1V. Za dolní propustí R17, C11 se však tvar tohoto signálu doplní o stejnosměrnou složku. Tím vznikne čistě pilovitý průběh, který tvarově odpovídá průběhu výstupního proudu nabíječky.

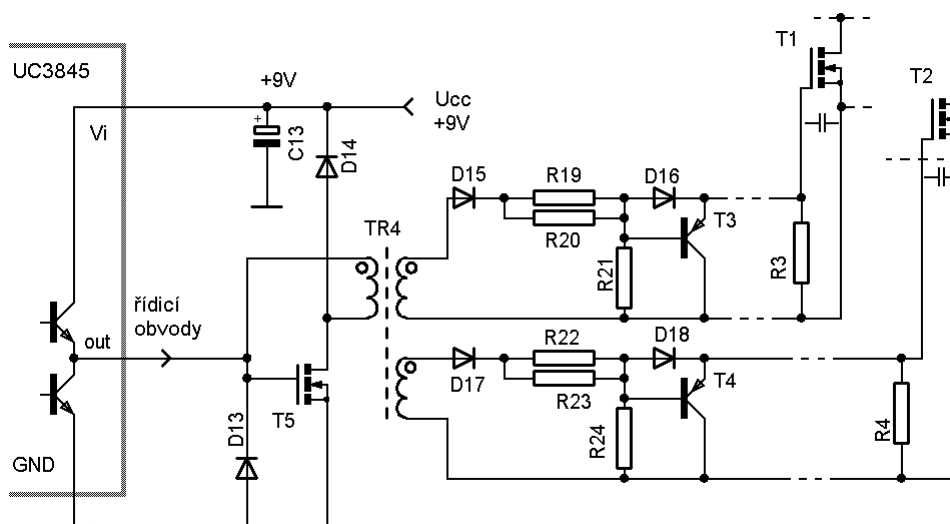
Základním prvkem řídicího obvodu se dá nazvat integrovaný obvod UC3845 (viz Obr. 7). Jedná se o IO, který se s velkou oblibou používá pro spínané zdroje pracující v proudovém režimu. Frekvence vnitřního oscilátoru se pro tento IO nastavuje pouze dvěma pasivními součástkami – R18 a C10. Keramické kondenzátory C16, C12 pouze blokují IO. Jak již bylo naznačeno, nositelem hlášení o nadproudu a přepětí je pouze jeden napěťový signál přicházející na vstup Vfb. Ten je porovnáván se zdrojem referenčního napětí o velikosti 2,5V. Jakmile bude napětí na Vfb větší než hodnota reference 2,5V, tak druhý komparátor s invertujícím vstupem resetuje R-S klopný obvod, čímž nastaví střidu na nulovou hodnotu. Druhý klopný obvod funguje zároveň jako regulátor proudu. Porovnává žádnou hodnotu proudu  $I_z$  se skutečnou hodnotou proudu  $I_s$ . Požadovaná hodnota proudu se nastavuje přepínačem S1.

Na levé straně se nachází PI regulátor, jenž reguluje velikost výstupního napětí. Skupinou odporů R2 až R6 lze nastavit hodnotu napětí. V tomto případě přepínač S2 nastavuje hodnotu výstupního napětí na 12V v rozepnuté poloze a 6V v sepnuté poloze. Žádaná hodnota je regulátoru dodávána prostřednictvím referenčního napětí  $U_{ref} = 5V$ . Skutečnou hodnotou je úbytek napětí na odporu R6. Přepínání napěťových rozsahů funguje tak, že pro výstupní napětí 14,4V (napěťový

rozsah 12V) je přepínač rozepnut, pro 7,2V (rozsah 6V) je sepnut, čímž překlenul rezistory R2, R3. Návrh celé této kaskády tedy spočíval v tom, že se řešil dělič napětí, přičemž na odporu R6 byl úbytek napětí 5V ( $= U_{ref}$ ) a vstupní napětí (v podstatě požadované výstupní napětí nabíječky) 14,4V, respektive 7,2V.

Celý řídicí obvod představuje regulační systém s podřízenou proudovou smyčkou a nadřízenou napěťovou smyčkou. Přesně tak je řešeno řízení nabíjecí metody konstantním napětím s omezením proudu (Obr. 3).

### 4.3 Budiče



Obr. 9: Schéma zapojení budičů

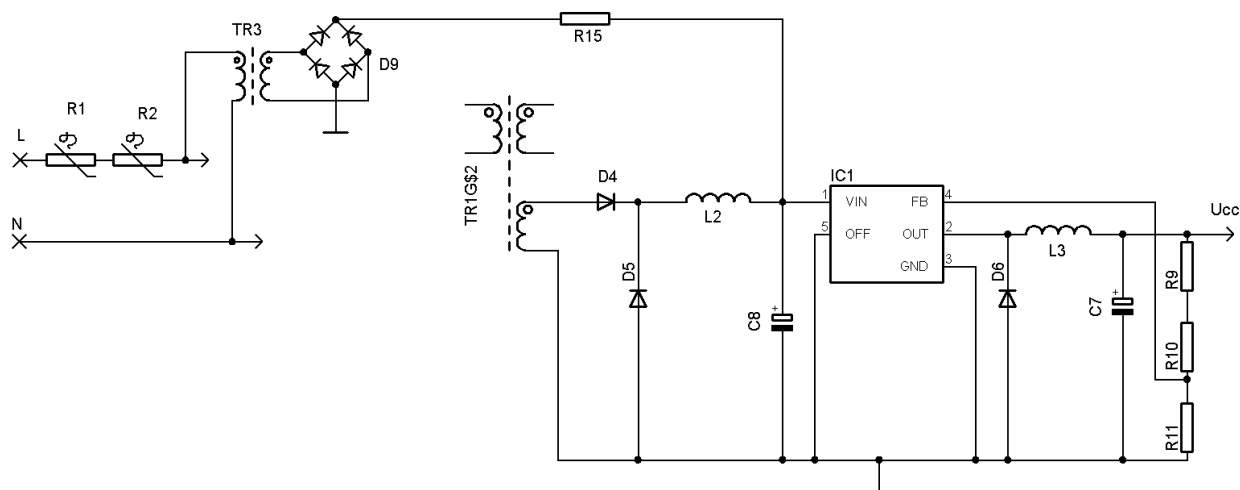
Výkonové tranzistory T1 a T2 jsou pomocí budiče řízeny integrovaným obvodem UC3845 (předchozí kapitola). Při sepnutí horního tranzistoru v IO se přivede napájecí napětí  $U_{cc}$  na začátek vinutí transformátoru TR4, kterým však proud nemá kam pokračovat. Zároveň se toto  $U_{cc}$  přivede na G tranzistoru T5, čímž se tranzistor sepne. Nyní již může procházet proud primárním vinutí transformátoru TR4 přes horní tranzistor v UC3845 a MOS-FET T5. Jakmile řídicí obvod vypne horní tranzistor v IO, transformátor se demagnetuje skrze diody D13 a D14 do napájecího napětí  $U_{cc}$ , respektive do elektrolytického kondenzátoru C13. Zároveň se sepne spodní tranzistor v IO, který vybijí malou parazitní kapacitu na přechodu G-S tranzistoru T5.

Sekundární část budiče se skládá ze dvou stejných větví. Další výklad bude zaměřen na horní část, tedy pro spínání tranzistoru T1. Obě větve však musejí být galvanicky oddělené, neboť oba tranzistory se nacházejí na jiném potenciálu. V době sepnutí tranzistoru T5 se napětí  $U_{cc}$  při převodu 10/5 transformuje na sekundární



část. Projde přes diody D15 a D16 až na G-S přechod tranzistoru T1. Odpory R19, R20 omezují špičku proudového impulsu, který nabíjí parazitní kapacitu G-S přechodu T1. R19, R20 jsou paralelně kvůli rozložení proudu. Na diodě D16 se vytvoří úbytek napětí ve směru anoda-katoda (asi 0,7V), toto napětí je i na přechodu báze (B) – emitor (E) tranzistoru T3, tudíž z emitoru do báze nemůže téct proud a tranzistor se nesezne. Při vypnutí tranzistoru T5 zanikne napětí na sekundární části transformátoru TR4. Aby však došlo k rozepnutí tranzistoru T1, musí dojít k vybití parazitní kapacity na přechodu G-S. Znamená to tedy, že na přechodu G-S se indukovalo napětí. Toto napětí se nedostane přes diodu D16, ale přes přechod E-B tranzistoru T3 a odpor R21 sepne právě tranzistor T3. Přes tento sepnutý tranzistor se vybije veškerý náboj z parazitní kapacity. Odpor R3 by vybil parazitní kapacitu tranzistoru v případě, že by selhalo vybíjení skrze tranzistor T4 například přerušení spoje. Popisovaná nabíječka kvůli izolačním vzdálenostem propojuje budiče s výkonovými tranzistory kroucenou dvojlinkou, proto přítomnost odporů R3, R4 v blízkosti tranzistorů se považuje za nutnou.

## 4.4 Blok napájecího napětí



Obr. 10: Schéma zapojení bloku napájecího napětí

Levá horní část představuje pomocný, dočasný zdroj  $U_{cc}$ . Ten je značně poddimenzován, neboť slouží jako prvotní zdroj napájení potřebný k nabuzení měniče. Jakmile začne pracovat měnič, funkce tohoto zdroje odpadá. Tvoří jej síťové trafo malého výkonu, Grätzův můstek a rezistor R15, omezující prvotní náraz proudu do kondenzátoru C8. Toto napětí se přivádí na elektrolytický kondenzátor C8, respektive na hlavní napájecí zdroj.



Pravá spodní část schématu znázorňuje hlavní zdroj napájecího napětí, jenž zajišťuje zdroj energie pro všechny regulace, kontrolky atd., po většinu času chodu nabíječky. Energie je odebírána z druhého sekundárního vinutí výkonového transformátoru TR1. Diody D4, D5 spolu s indukčností L2 a kapacitou C8 tvoří propustný měnič. Jeho funkce byla popsána v kapitole 4.1.

Skupina součástek za propustným měničem plní funkci *spínaného stabilizátoru*. Tento typ stabilizátoru řídí integrovaný obvod LT2576T-ADJ. Tato varianta stabilizátoru je sice dražší než klasické stabilizátory typu 78xx, ale oproti nim disponuje vyšším vstupním napětím, maximálně 45V, a dále tím, že oproti klasickým stabilizátorům tolik nehřeje. Klasické stabilizátory totiž přebytečné napětí přemění v teplo. Vzhledem k tomu, že nabíječka pracuje s maximálním výstupním napětím 14,4 a 7,2V, sekundární vinutí transformátoru TR1 určené pro napájecí obvody musí mít oproti silovému sekundárnímu vinutí o závit víc, tedy 3 závity. Spínaný stabilizátor totiž neumí z napětí 7,2V vytvořit  $U_{cc} = 9V$ .

Zkratka ADJ (z angličtiny adjustable) znamená, že se jedná o nastavitelný zdroj. Výstup obvodu tvoří opět propustný měnič tvořený diodou D6, indukčností C7 a zpětnovazebními rezistory R9 až R11 tvořící zpětnou vazbu, podle níž se nastavuje výstupní napětí zdroje. Obvod obsahuje vlastní zdroj referenčního napětí 1,235V, oscilátor pracující na frekvenci 52 kHz a řadu dalších systémů pro řízení a ochrany samotného zdroje.

Pro nastavení hodnoty výstupního napětí vypočteme zpětnovazební odpory podle následujících vztahů:

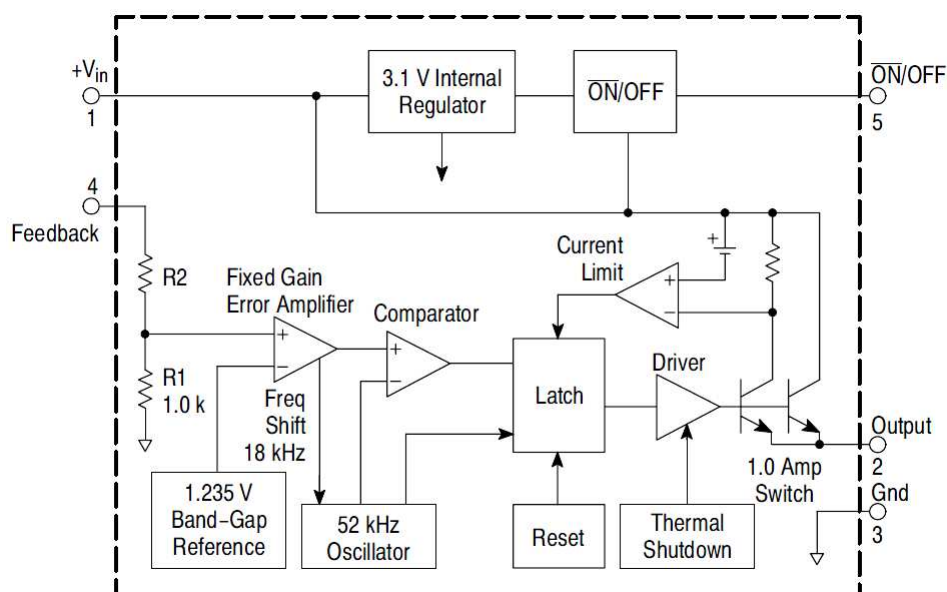
$$U_{OUT} = 1,23 \cdot \left( 1,0 + \frac{R_H}{R_D} \right) \quad (1)$$

Kde  $R_H$  odpovídá hornímu a  $R_D$  dolnímu rezistoru ve zpětné vazbě. Proto hodnoty odporů pro výše uvedené zapojení odpovídají:

$$R_H \approx R_9 + R_{10} = 6K8 + 680 \quad (\text{jedná se o sériovou kombinaci})$$

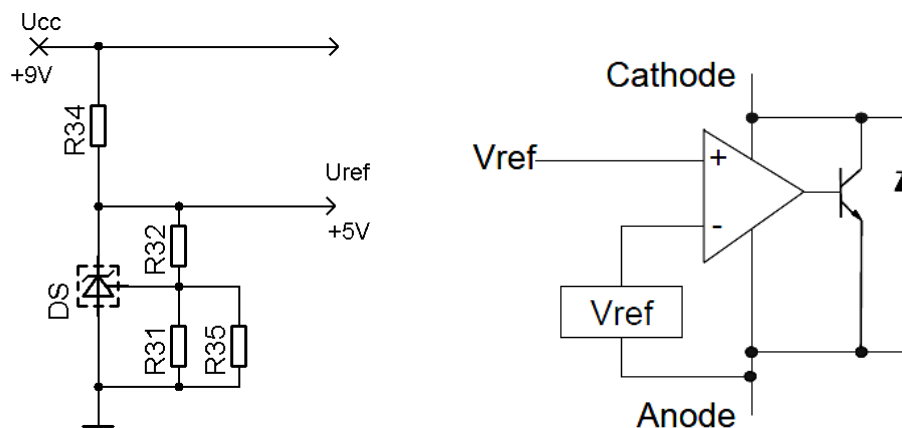
$$R_D \approx R_{11} = 1K2$$

Jedna hodnota odporu se vždy musela zvolit.



Obr. 11: Vnitřní blokové schéma spínaného stabilizátoru LT2576T-ADJ [7]

## 4.5 Blok referenčního napětí na desce regulátoru napětí



Obr. 12: Schéma zapojení zdroje referenčního napětí na DRP pomocí obvodu TL431 a blokové schéma samotného IO [8]

Celý blok řídí integrovaný obvod TL431, ve schématu označen DS. Tento blok referenčního napětí se na Desce regulátoru napětí nachází ze dvou důvodů. Tím prvním je, že vytvořením samostatného zdroje referenčního napětí +5V odpadne jedna drátová propojka mezi DRN a Hlavní deskou, což je rozhodně přínos pro montáž a omezení rušení. Druhý důvod spočívá v tom, že obvod UC3845 sice také poskytuje referenční zdroj napětí, ale jeho přetížitelnost je značně nízká.

Úlohou této části je zobrazit velikost nabíjecího proudu na LED bargrafu označeného DZ. Napěťová informace o velikosti proudu  $I_s$  je využívána ze stejného uzlu, z jakého ji berou řídicí obvody. Řeč je tedy o napětí na odporu R14, nacházejícím se v bloku řídicích obvodů. Napěťový pulsuující signál znázorňuje Obr.



8. Dolní propust tento signál doplní o stejnosměrnou složku. Tento signál je zesílen neinvertujícím operačním zesilovačem s napěťovým zesílením  $K_u = 10$ . To znamená, že pokud z nabíječky teče maximální proud (50A), signál z OZ má velikost asi 3V. Neinvertující OZ se vyznačuje obrovskou výhodou. Jeho vstupní odpor je nekonečně velký, což je pro tuto aplikaci přínosné, neboť proudové trafo TR2 nesnese zatížení.

Nyní již zesílený napěťový signál projde přes další dolní propust, která je pozičně blízko vstupu hradla LM3915. Řady obvodů LM3914 a LM3915 představují integrované obvody, jejichž primárním úkolem je zobrazit vstupní analogový napěťový signál na LED barografu o deseti diodách. Tento IO může pracovat jak v režimu barografu, tak i v režimu sepnutí jednotlivých diod. Pro účely nabíječky je však výhodnější režim bargrafu. Jedná se v podstatě o A/D převodníky, přičemž první jmenovaný má lineární závislost a druhý logaritmickou. Srovnání obou integrovaných obvodů znázorňuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Srovnání výstupních proudů lineárního a logaritmického A/D převodníku

segment	LM3914 I [A]	LM3915 I [A]
1	5	2,4
2	10	3,2
3	15	4,4
4	20	6,4
5	25	8,8
6	30	12,8
7	35	17,6
8	40	25,2
9	45	35,6
10	50	50

Hodnoty jsou již přepočtené na maximální proud 50A. Je zřejmé, že pro použití v nabíječce se přímo nabízí použití obvodu LM3915. Tento obvod vykazuje citlivost již při malých proudech, které obsluhuje předpovídají konec nabíjecího cyklu. Vzhledem k tomu, že se největší akumulátory vyrábějí s kapacitou něco málo přes 200Ah, tak při počáteční proudu 0,1C proud nepřesáhne 20A. Segment pro 50A se tedy rozsvítí pouze při startování vozidla. Lineární obvod LM3914 je tedy pro toto použití absolutně nevhodný.



Nastavení tohoto obvodu pro daný účel je velice snadné a postačí k tomu pouze dva odpory.

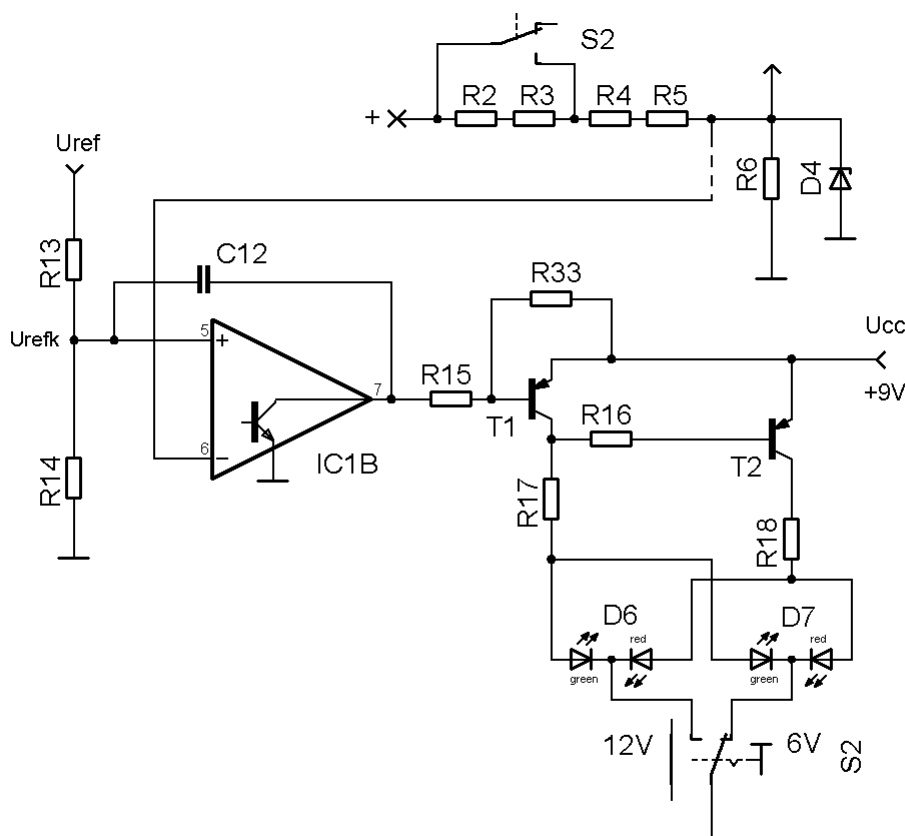
Odpor mezi 7. a 8. pinem určuje proud, který poteče jednotlivými LED segmenty v bargrafu. To v podstatě znamená, že velikost tohoto odporu rozhoduje o svítivosti. Vztah pro určení proudu LED má následující empirickou podobu:

$$I_{LED} \approx \frac{12,5}{R_{25}} \quad ( 3 )$$

Podle Obr. 13, referenční hodnotu napětí obvodu nastavíme odporem a trimrem, který plní funkci jemného doladění přesnosti zobrazení. Hodnota referenčního napětí, podle níž se určí hodnota celé sériové kombinace, je ve tvaru:

$$U_{REFout} = 1,25 \cdot \left( 1 + \frac{R_{23+24}}{R_{25}} \right) \quad ( 4 )$$

## 4.7 Blok ovládání signálních LED



Obr. 14: Schéma obvodu signalizující proudové omezení

Funkcí celého tohoto obvodu je, že rozsvítí zelenou barvu na dvojbarevné LED, jakmile výstupní napětí dosáhne určité hodnoty (v našem případě 14,2V pro dvanácti-voltový rozsah a 7,1V pro šesti-voltový rozsah). Jakmile však bude výstupní napětí nižší než tato mez, na dvojbarevné LED se rozsvítí červená barva. Při dosažení zvolené hodnoty by však komparátor kmital kolem zvolené hodnoty. Takto krátké intervaly střídavého sepnutí obou barevných částí kontrolky by se vlivem setrvačnosti obou světelných dílků projevilo jako splnutí obou barev. Výsledkem by byl jakýsi odstín hnědé barvy kontrolky. Aby nenastal tento neurčitý případ, je komparátor vybaven dynamickou hystezí. Ta způsobí, že přepínání obou barevných částí kontrolky bude probíhat plynule, podle zvolené časové konstanty. Tuto časovou konstantu specifikují součástky C12 a R13.

Funkce odporů R2 až R6 byla vysvětlena v souvislosti s funkcí PI regulátoru. Úbytek napětí na odporu R6 tedy představuje velikost výstupního napětí (14,4V a 7,2V) vztaženého k referenčnímu napětí  $U_{ref} = 5V$ . Znamená to tedy, že



*oba rozsahy výstupního napětí mají ve své maximální hodnotě (například napětí naprázdno) 5V. Tento signál se přivede na invertující vstup komparátoru. Napěťový dělič R13, R14 sníží hodnotu referenčního napětí  $U_{ref}$  na velikost asi  $U_{refk} = 4,9V$  a tuto hodnotu přivede na neinvertující vstup komparátoru. Hodnota 4,9V odpovídá právě překlápěcím hranicím 14,2V a 7,1V pro jednotlivé rozsahy.*

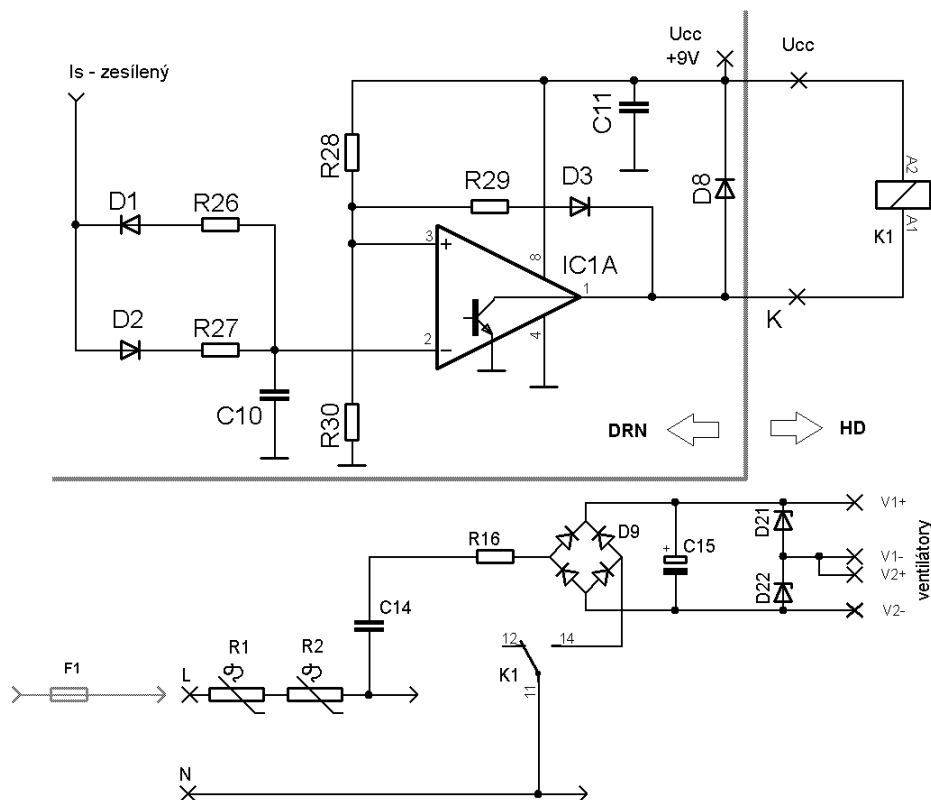
Ve spodní části schématu se nacházejí dvě dvojbarevné kontrolky D6 a D7. Vždycky však bude svítit pouze jedna barva jedné nebo druhé z nich podle pravidel uvedených výše. Pro nabíjení dvanácti-voltové baterie indikuje velikost napětí pouze kontrolka D6, pro rozsah 6V svítí dvojitá LED D7 (viz poloha přepínače S2). Další výklad bude platit pro přepínač sepnutý na rozsahu 6V (podle schématu), což znamená, že kontrolka D6 bude mimo hru. Zároveň se nebude brát v potaz dynamická hystereze.

*Sepnutí červené barvy:* k tomuto stavu dojde, pokud je úbytek napětí na odporu R6 menší než napětí  $U_{refk}$ . IC1 je tzv. komparátor s otevřeným kolektorem, to znamená, že za tohoto stavu bude tranzistor v komparátoru rozepnut. PNP tranzistor se nemůže sepnout, ale může se sepnout tranzistor T2. Proud, který tento tranzistor otevře, se uzavírá od  $U_{cc}$  přes odpory R16, R17 a zelenou LED. Rezistory R17, R18 upravují velikost proudu tak, aby LED požadovaným způsobem svítila, kdežto rezistor R16 má o jeden řád větší odpor, takže proud tekoucí zelenou LED tuto barvu nemůže rozsvítit. Tranzistor T2 je však sepnut, a proto se skrze něj a rezistor R18 rozsvítí červená LED, která svítí až do překlopení komparátoru.

*Sepnutí zelené barvy:* komparátor překloupí, pokud úbytek na odporu R6 přeroste přes hodnotu  $U_{refk}$ . Sepnutý tranzistor v komparátoru způsobí sepnutí tranzistoru T1 přes rezistor R15. V tento moment se zároveň rozepne tranzistor T2, neboť do té doby byla na rezistoru R16 převládající část napájecího napětí  $U_{cc}$ . Nyní je na přechodu E-C tranzistoru T1 přibližně 1V, tím klesne úbytek napětí na R16. Podle Ohmova zákona klesne i bázevý proud tranzistoru T2 a tento tranzistor se vypne. Tranzistor T1 rozsvítí zelenou kontrolku přes rezistor R18. Rezistor R33 slouží k bezpečnému vypnutí tranzistoru T1, aby se při splněných podmínkách popsanych v předchozím odstavci mohl sepnout tranzistor T2.



## 4.8 Blok spínání ventilátorů



Obr. 15: Schéma zapojení pro spínání ventilátorů

Blok spínání ventilátorů je tvořen silovou částí, která se celá nachází na Hlavní desce (spodní část obrázku), a dále ovládací částí nacházející se na DRN, jejíž signál spíná budicí cívku relátka K1 (hodní část obrázku). Relé je zde proto, aby bezpečně oddělilo vysokonapěťovou a nízkonapěťovou část. Další výhoda spočívá v tom, že je schopné spolehlivě sepnout i rozepnout libovolný typ zátěže, se kterým by si například optotriak neporadil.

Vstupní veličinou do obvodu je  $I_s$ -zesílený. Jedná o skutečnou hodnotu proudu převedenou na napěťový signál. Ten využívá i Blok měření a zobrazení proudu (kapitola 4.6). Základním prvkem obvodu je opět komparátor s otevřeným kolektorem. Na neinvertující vstup je připojena reference odvozená od napájecího napětí  $U_{cc}$  pomocí napěťového děliče R28, R30. Dalo by se říct, že součástky připojené na invertující vstup simulují „tepelný model nabíječky“. Je zřejmé, že čím větším proudem se nabíjí, tím víc se jednotlivé zdroje tepla v přístrojové skřínce zahřívají. Spínání ventilátorů tedy kvůli jednoduchosti nebude řízeno teplotou, nýbrž výstupní velikostí proudu.



Invertující vstup komparátoru tedy porovnává hodnotu z děliče R28, R30 s napětím, na které se nabil kondenzátor C10. Jakmile se napětí na kondenzátoru zvětší, vnitřní tranzistor v komparátoru se sepne, čímž se sepne relé K1. Jakmile však bude na výstupu komparátoru připojená zem, tak se na zem připojí i zpětnovazební rezistor R29 přes diodu D3. To způsobí, že rezistor R30 se připojí paralelně k rezistoru R29 (pro zjednodušení se nebere v potaz napětí na diodě a tranzistoru). Důsledkem toho se zmenší napětí na neinvertujícím vstupu. Tím pádem vznikne hystereze, neboť pro vypnutí komparátoru musí být napětí na kondenzátoru nižší než stávající hodnota na neinvertujícím vstupu. Tato hystereze je důležitá kvůli zakmitávání a zároveň k prodloužení „doby chladnutí“.

V každém okamžiku se tedy kondenzátor snaží nabýt na hodnotu napětí na svorce Is- zesílený. Nabíjení probíhá přes diodu D2 a rezistor R27. Vybíjení probíhá přes diodu D1 a odpor R26, který je o řád větší než R27, aby se prodloužila doba chladnutí. Napětí na kondenzátoru je úměrné derivaci proudu. Proto čím větší bude vstupní napětí do obvodu (respektive výstupní proud nabíječky), tím větší proud omezený odporem R27 bude kondenzátor nabíjet, a o to dříve se kondenzátor nabije. Dále to znamená, že pokud bude nabíječka dodávat velkou hodnotu proudu po dobu kratší, než se nabije kondenzátor, ventilátory se nesepnou. To je velice výhodné, neboť za tak krátkou dobu by se totiž stejně tepelné zdroje nestačily zahřát.

Silový obvod slouží k napájení dvou 24V ventilátorů. Oba jsou zapojeny do série, aby přes ně tekla co nejmenší efektivní proud. Výstupní napětí na ventilátorech tedy činí 48V. Důležitý prvek v silové části představuje kondenzátor C14, neboť když jsou ventilátory napájené dohromady 48V, tak zbytek ze síťového napětí 230V se nachází právě na tomto kondenzátoru. Úbytky napětí na Grätzovu můstku D9, rezistoru R16 a sérii termistorů R1, R2 se mohou zanedbat. Kvůli vyšší efektivní hodnotě proudu se musí jednat o svitkový kondenzátor. Rezistor R16 je pouze 10  $\Omega$ , musí však být alespoň 2 W. Omezuje totiž počáteční proudový náraz, který je nutný k nabití kondenzátoru C14. Tento proudový impuls by mohl svařit kontakty relátka K1 k sobě. Elektrolytický kondenzátor vyhlazuje napájecí napětí ventilátorů. Napětí na každém z dvojice ventilátorů je omezeno transitem (D21, D22). Transily jsou na 27V, proto napětí na každém ventilátoru nepřesáhne tuto mez. Toto opatření nabývá významu, kdy se například ukrotí přívod k jednomu ventilátoru. Tím by se prakticky odpojily oba ventilátory od sítě, protože jsou zapojeny v sérii. Tím by se na kondenzátoru C15 začalo zvětšovat napětí. Toto napětí by se však zastavilo na hodnotě 54V, což odpovídá meznímu napětí na obou transitech. Od tohoto okamžiku transily vedou proud přes sebe, aby udržely napětí 54V. Tento proud narůstá až do doby, kdy se přetaví vstupní pojistka F1 a celá nabíječka se odpojí od napájecí sítě. Pojistka spadá do vstupních ochran, viz následující kapitola.

## 4.9 Vnější ochrany

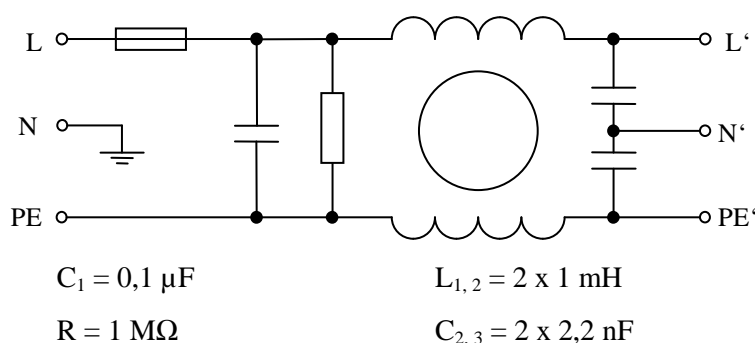
Do této kategorie spadají jednoduché bezpečnostní obvody. Přívlastek „vnější“ označuje, že se tyto periférie nacházejí pozičně mimo obě desky plošných spojů.

### a) Vstupní ochrana

Nabíječka je na síť připojena skrze EURO konektor, jehož součástí je síťový filtr a primární, trubičková pojistka F1.

Tavný proud pojistky je 5A, což představuje rezervu pro běžný chod i maximální výkon spínaného zdroje. Pojistka se může přetavit, pokud by nastala závada spíše mechanického původu, například že by se uvnitř přístrojové skříňky vytrhl fázový vodič a zkratoval se se středním vodičem. Druhá varianta přetavení byla popsána v předchozí kapitole, tedy že by došlo k odpojení jednoho z ventilátorů.

Kvůli dodržení základních požadavků elektromagnetické kompatibility je na vstupu nabíječky připojen síťový filtr. Vzhledem k tomu, že tento spínaný zdroj pracuje na frekvenci asi 150 kHz, je existence síťového filtru nutná, aby přístroj nerušil ostatní spotřebiče ve svém okolí. Následující obrázek znázorňuje vnitřní zapojení síťového filtru včetně hodnot jednotlivých součástek.



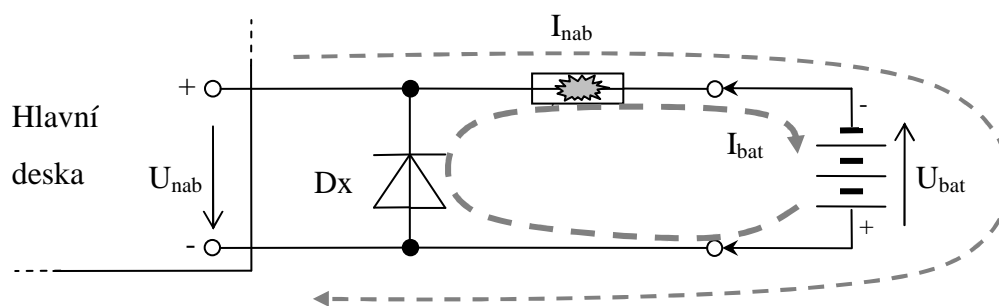
Obr. 16: Vnitřní zapojení síťového filtru včetně jeho parametrů [2]

### b) Výstupní ochrana

Výstupní ochranou nabíječky je myšlena ochrana proti přepólování. Z Obr. 4 lze snadno usoudit, co by se stalo, pokud by obsluha připojila obráceně nabíječku

k autobaterii. Dioda D8 i D7 by byly obě pro proud z autobaterie v propustném směru. I kdyby se jednalo o z části vybitý akumulátor, stále se nesmí zapomínat na to, že jde o startovací variantu zdroje. Tedy i z části vybitý zdroj může dodat proud schopný zničit obě tyto Schottkyho diody nebo i sám sebe. Tento velký proud také určitou dobu protékal tlumivkou, takže přerušení obvodu by bylo následováno napětovým překmitem, jenž by mohl napáchat další škody. Přítomnost této ochrany na výstupu nabíječky je tedy nezbytná

Tuto ochranu zprostředkovává pouze výkonová dioda Dx a pojistka F2 s tavným proudem 70A. Celou situaci s přepólováním výstupu znázorňuje následující obrázek. Proud  $I_{bat}$  znázorňuje proud vyvolaný akumulátorem. Pokud by v momentě připojení byla sepnutá i nabíječka, velikost proudu pojistkou by se zvětšil o proud nabíječky  $I_{nab}$ .



Obr. 17: Znázornění stavu při přepólování autobaterie [2]

Toto jednoduché zapojení má jednu vadu na kráse. Mohlo by se totiž stát, že by obsluha připojila akumulátor malé kapacity nebo hodně vybitý akumulátor, který by nebyl schopen dodat potřebný proud k přetavení pojistky. Přes diodu Dx a pojistku by protékal proud tak dlouho, až by se akumulátor úplně vybil, což by mohlo znamenat jeho úplné zničení. Proto z možného dlouhodobějšího protékání proudu je dioda Dx připevněna na chladič.



## 5 DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ

Předchozí kapitola pojednávala o funkci jednotlivých bloků. V této kapitole budou uvedena kompletní schémata zapojení obou desek. Pozice součástek na jednotlivých deskách jsou zobrazeny v příloze. Obě DPS byly navrhovány v programu EAGLE. Jedná se profesionální software pro kreslení schémat a návrh DPS. Většina elektrických schémat v této práci je vyexportovaných právě z tohoto prostředí.

### 5.1 Hlavní deska

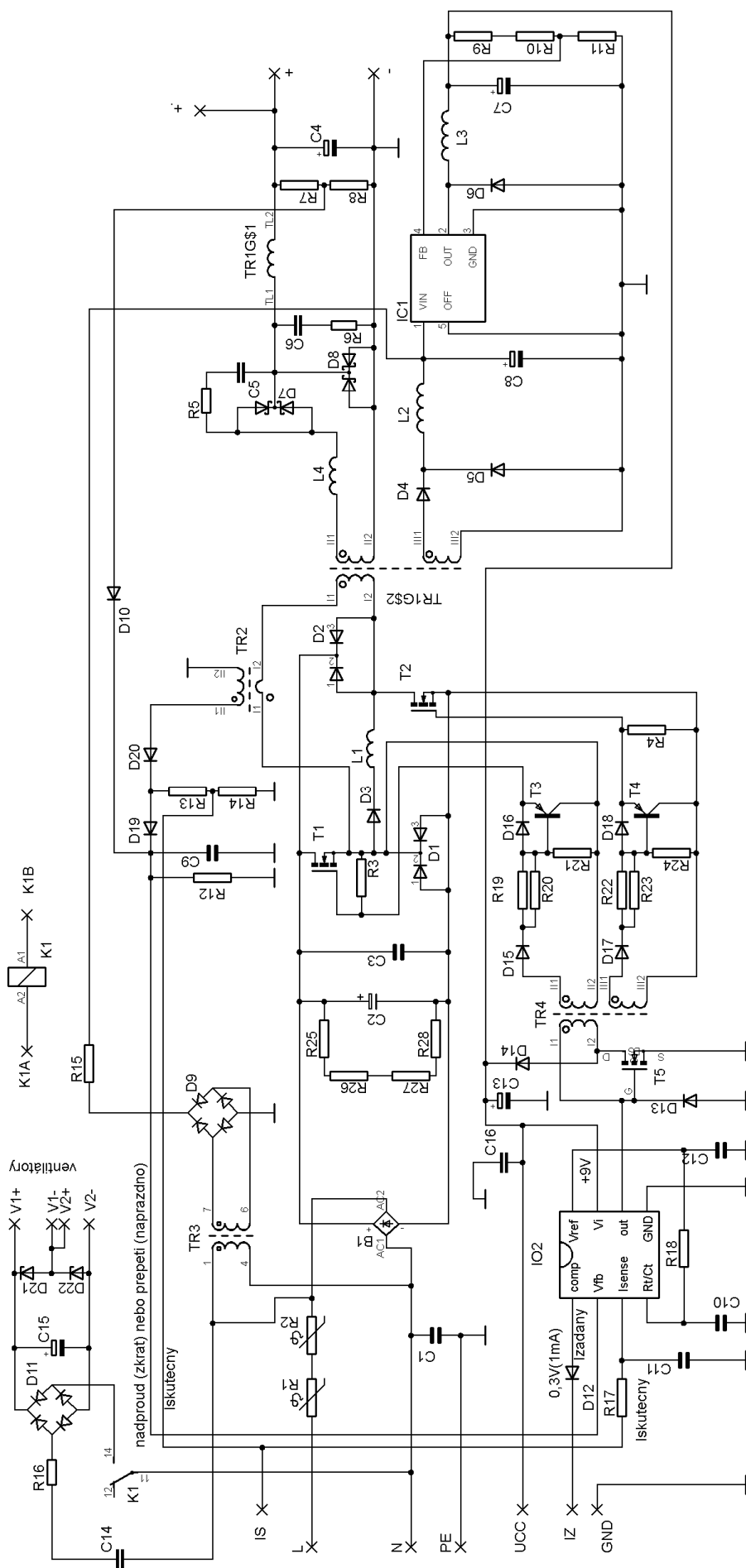
Jak již bylo naznačeno, DPS Hlavní deska byla vyrobena na zakázku, neboť se jedná o oboustrannou desku s větším množstvím prokovů. Výrobou byla pověřena firma AJ Technology, s.r.o, sídlící v Brně.

Tloušťka mědi na ní dosahuje 70  $\mu\text{m}$ . Největším problémem při samotném návrhu bylo dodržet minimální izolační vzdálenosti. Pro běžnou DPS musí být izolační vzdálenost mezi vysokonapětovou a nízkonapětovou částí minimálně 7mm. Tato DPS je však opatřena takzvanou nepájivou maskou. Bezpečnostní izolační vzdálenost se tedy zmenšila na 5mm.

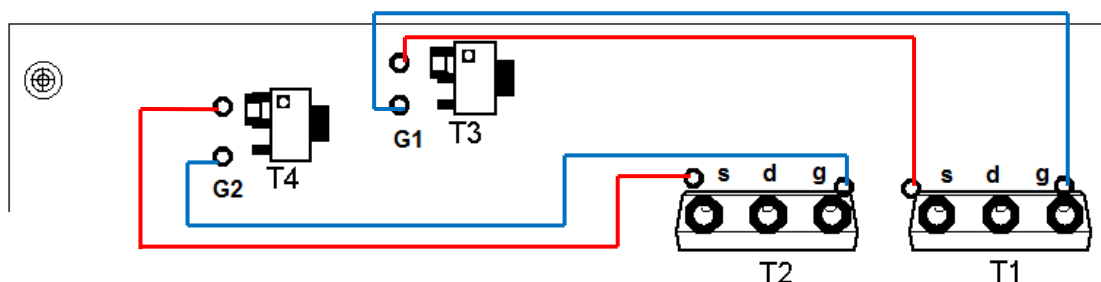
Výslednou podobu DPS znázorňuje Obr. 32 v příloze. Přední strana desky je nazvaná TOP a zadní strana BOTTOM. Toto značení anglické se v této práci užívá proto, aby bylo shodné se značením v programu EAGLE.

Speciálním přáním na výrobce byly dva frézované obdélníkové otvory zhruba uprostřed desky. Do těchto prokovených otvorů se připájí smaltovaný drát, z něhož je navinuta výstupní tlumivka.

Seznam volně dostupných součástek je uveden v příloze (Tabulka 2). Celkové schéma zapojení znázorňuje následující obrázek. Výroba specifických indukčních součástek bude popsána v kapitole 6. Kvůli dodržení již zmíněných izolačních vzdáleností bylo nutné desku opatřit drátovými propojkami. Ty vedou vždy od budiče k příslušnému tranzistoru, dle Obr. 19.



Obr. 18: Kompletní schéma zapojení Hlavní desky



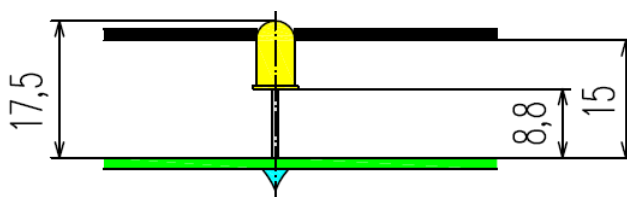
Obr. 19: Znáznornění drátových propojek mezi budiči a tranzistory

## 5.2 Deska regulátoru napětí

Tato deska již není tak rozsáhlá, proto není tak náročná na výrobu, a proto ji lze vyrobit i „v amatérských“ podmínkách. Potřebné vizuální informace jsou znázorněné v příloze Obr. 33 až Obr. 36. Pro vlastní výrobu je nejhorší odfrézování otvorů pro přepínače S1, S2. Kvůli sjednocení svorkovnic mezi oběma deskami byla tato deska opatřena drátovou propojkou naznačenou červeně na Obr. 35.

Celá DPS tvoří nedílnou součást hlavního panelu. Do čtyř otvorů o průměru 3,2mm se ze strany TOP přišroubují distanční sloupky délky 15mm. Skrze tyto sloupky se pak upevní DRN na přední panel přístrojové skříňky. Otvory v předním panelu musí být přesně proti přepínačům, bargrafu, kontrolkám a upevňujícím šroubům. Detail otvorů v předním panelu znázorňuje výkres č. 6.

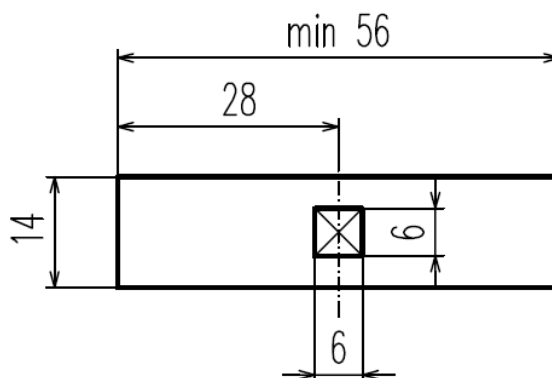
Aby kontrolky moc nepřesahovaly, doporučují se zapájet podle následujícího obrázku.



Obr. 20: Znáznornění upevnění kontrolek D6, D7

Bargraf se musí upevnit do patice typu DIL20, aby svojí výškou byl co nejblíže plechu předního panelu. Ze stejného důvodu je důležité při pájení přizvednout přepínač rozsahů proudu S1 o 3mm (podobně jako kontrolky o 8,8mm). Z přední strany tohoto přepínače je otvor, který odkrývá vnitřní část přepínače. Tímto otvorem by se mohl dostávat prach do přepínače, a zároveň odkryté kontakty nevypadají moc dobře. Z toho důvodu je dobré na jezdec přepínače, respektive mezi přepínač a přední panel, nasadit plastovou fólii. Ideální pro tuto aplikaci může být například tenkostěnný plastový květináč. Jeho zahnuté stěny jsou výhodné, neboť

při posouvání se ohne přes síťový filtr, který by mu jinak vadil v cestě. Rozměry krytky přepínače znázorňuje následující obrázek.

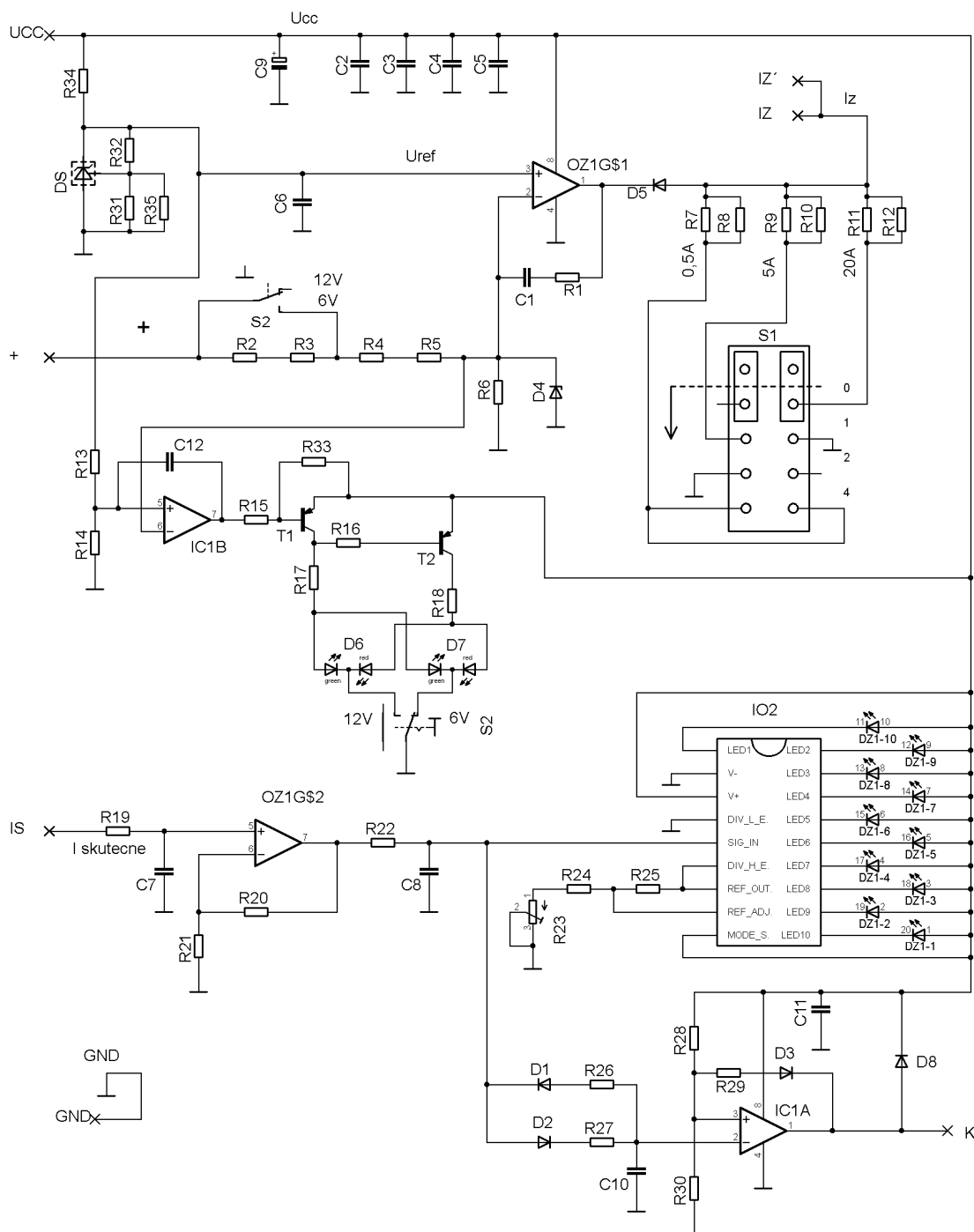


*Obr. 21: Rozměry plastové fólie nasazené na jezdcí přepínače S2*

Výška přepínače napěťových rozsahů S2 je vymezena bočními ukotvujícími plechy, které jsou přímo součástí přepínače. Jeho připojení je tedy snadné

Pokud se do patice DIL18 upevní A/D převodník IO2, tak se volbou IO LM3914 nebo LM3915 bude moci pouhou výměnou součástky nastavovat buď lineární, nebo logaritmický průběh měření proudu.





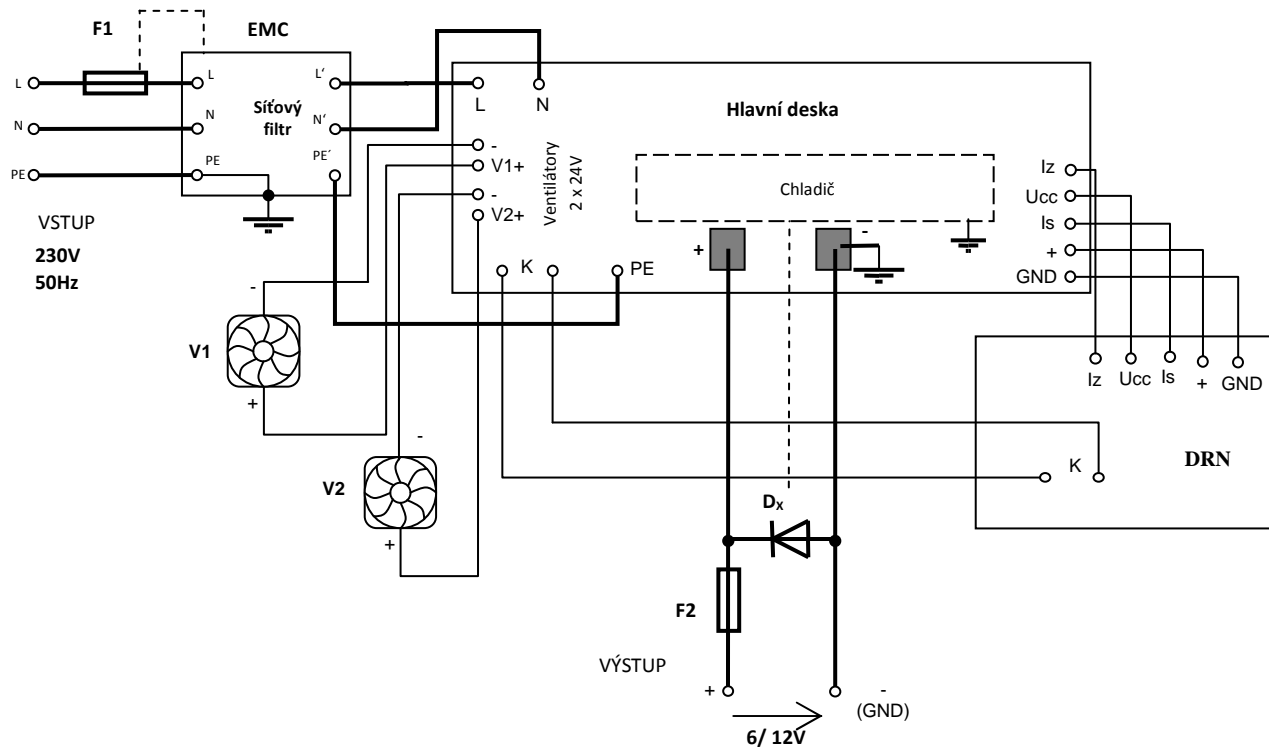
Obr. 22: Kompletní schéma zapojení desky regulátoru napětí

## 5.3 Propojky mimo desky

Hlavní deska a Deska regulátoru napětí jsou mezi sebou vzájemně propojeny prostřednictvím dvou skupin propojek. Tu větší tvoří propojení svorek Iz, Ucc, Is, + a GND. Na obou deskách jsou tyto svorky ve stejném pořadí, proto se mohou propojit jedním plochým kabelem, který se skládá z 5 vodičů. Druhá propojka spojuje svorky K. Jedná se o kontakty budicí cívky relátka K1. Tato cívka je stejnosměrná a demagnetizační dioda se nachází na DRN. Kroucená dvojlinka, která uskuteční spojení, se tedy bude moci připojit libovolně z hlediska polarity.

Následující obrázek znázorňuje celkové schéma zapojení nabíječky včetně zapojení ventilátorů, připojení síťového konektoru s filtrem a výstupní ochrany.

Výstupní vodiče se připájí přímo na velké plochy typu SMD.

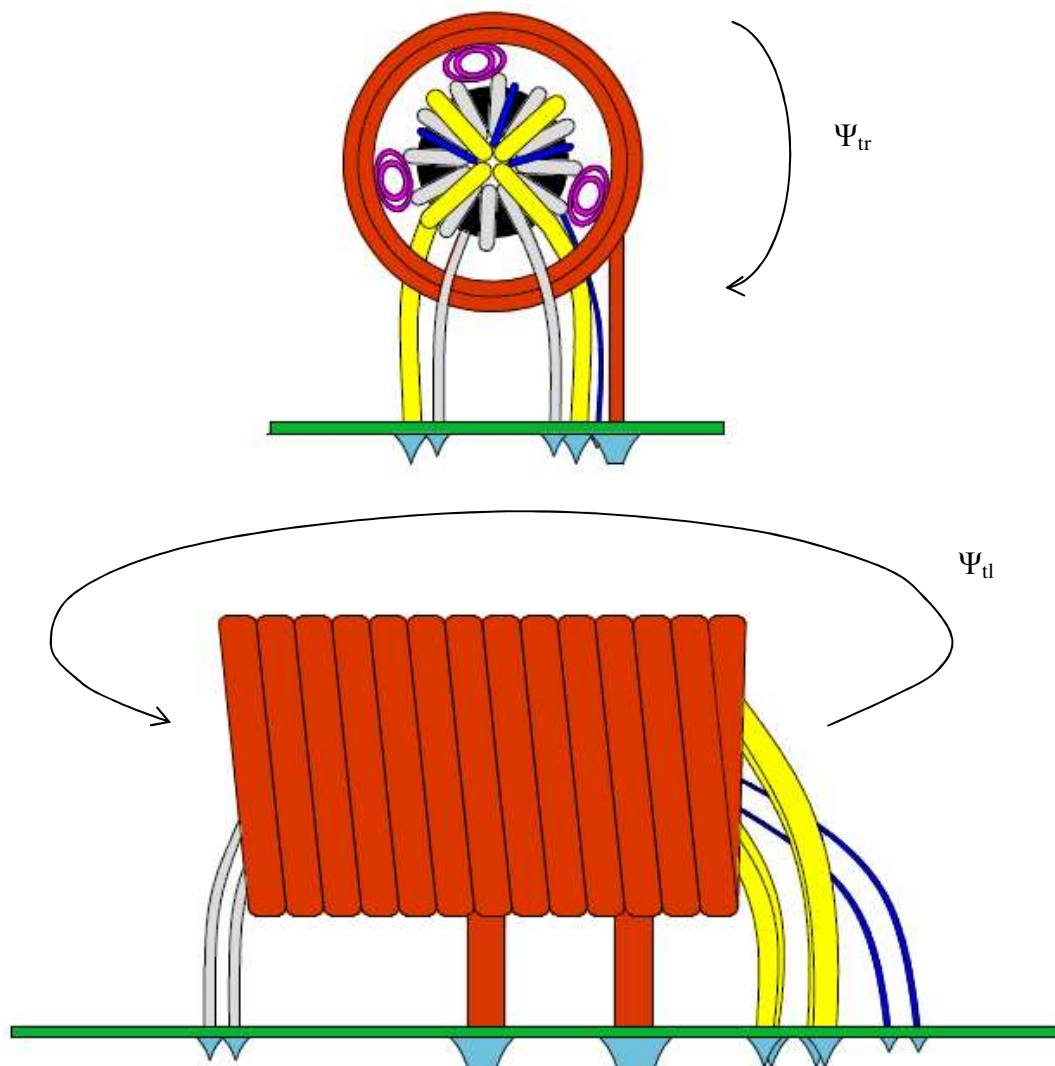


Obr. 23: Znázornění všech propojení nacházejících se mimo obě desky

## 6 VÝROBA INDUKČNÍCH SOUČÁSTEK

### 6.1 Výroba výkonového transformátoru a výstupní tlumivky TR1

Samotný transformátor a tlumivka tvoří jednu součástku, přičemž transformátor neovlivňuje tlumivku. Tento jev je možný díky tomu, že směry magnetických toků jednotlivých komponent jsou na sebe kolmé. Celou situaci popisuje následující obrázek. Siločáry transformátoru se uzavírají uvnitř toroidního jádra ( $\Psi_{tr}$ ), kdežto siločáry tlumivky podélně s tlumivkou ( $\Psi_{tl}$ ). Toto rozložení je nesmírně výhodné, protože v rámci jednoho celku využívají magnetické materiály dvě součástky.



Obr. 24: Principiální znázornění výkonového transformátoru TR1 (nahore – pohled ze strany vyššího napětí, dole – pohled z boku)



Transformátor obsahuje tři vinutí. Jedno primární a dvě sekundární. Podle Obr. 24 je šedou barvou znázorněno primární vinutí. Žluté sekundární výkonové vinutí je kvůli lepšímu rozložení jednotlivých svazkových vodičů rozděleno na dvě paralelní části. Obě tyto části musejí mít shodné vlastnosti, aby mezi nimi netekly vyrovnávací proudy. Na každém ze silových sekundárních svazků je natažena silikonová bužírka kvůli bezpečnosti. Silikonová je z toho důvodu, že silikon odolá vysokým teplotám. Poslední, tmavomodré vinutí, slouží jako zdroj energie pro obvody napájecího napětí. Toto vinutí je zprostředkováno teflonovým drátkem. Podrobná funkce jednotlivých vinutí byla objasněna v rámci 4. kapitoly.

Výstupní tlumivka (na obrázku oranžová barva) je navinutá smaltovaným drátem. Tento drát je tvrdý, tudíž tlumivka slouží zároveň k ukotvení transformátoru. Pro vystředění transformátoru a tlumivky slouží tlustší silikonová bužírka, v níž je provlečená slabší silikonová bužírka (na obrázku fialová barva). Vystředěním vznikne mezera, která je nutná kvůli chlazení celé součástky. Nyní následuje souhrnný popis parametrů celku TR1:

**Jádro:** 6 kusů jádra typu LJT 2010/ CF138

**Vinutí:** vysokofrekvenční svazek

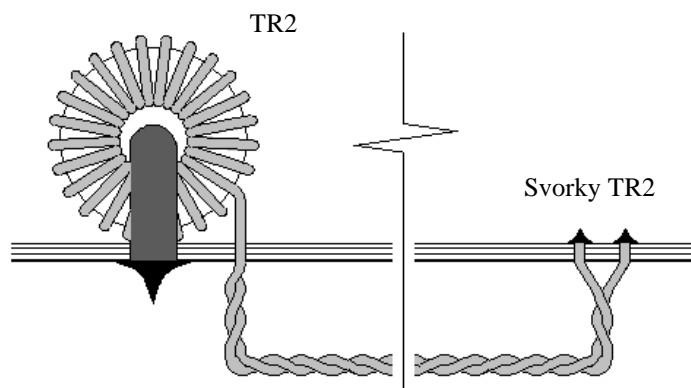
- primární: - 10 vodičů ve svazku, délka svazku  $\pm 180\text{cm}$ , 12 závitů  
bužírka: silikon  $\varnothing 1,0 \times 0,4\text{mm}$  (není nutná)
- sekundární: - 2 vysokofrekvenční svazky paralelně po 30ti vodičích  
ve svazku, délka jednoho svazku  $\pm 35\text{cm}$ ,  $2 \times 2$  závitů  
bužírka: silikon  $\varnothing 2,0 \times 0,4\text{mm}$   
- 3 závitů teflon drát  $\varnothing 0,4$  (pro napájecí zdroj)

**Tlumivka:** Plochý smaltovaný drát o průřezu  $5 \times 2\text{mm}$ , počet závitů se určí měřením, tlumivka by měla mít indukčnost asi  $10\mu\text{H}$ . Vnitřní průměr tlumivky je asi  $30\text{mm}$

## 6.2 Výroba proudového transformátoru TR2

Kvůli zlepšení izolačních vzdáleností se sekundární vinutí nepřipájí přímo na DPS, ale zaizolované vývody se provlečou skrz otvory na hlavní desce. Zbytek vývodů se zakroutí a takto vzniklá kroucená dvojlinka, dlouhá asi  $10\text{cm}$ , se přivede na opačnou stranu desky a připájí se na pomocné svorky TR2. S touto úpravou se musí počítat již při vinutí tohoto transformátoru, aby se nemohlo stát, že sekundární vývody nedosáhnou na pomocné svorky. Primární část trafo je tvořena

lankovým vodičem v silikonové izolaci, který zároveň upevňuje trafo k desce. Následující obrázek popisuje princip připojení dané součástky.



Obr. 25: Principiální znázornění proudového transformátoru

**Jádro:** 1 kus jádra typu LJT 1305/ CF 138

**Vinutí:**

- primární: - 1 závit silnějším lankovým vodičem v silikonové izolaci
- sekundární: - 30 závitů

## 6.3 Výroba budicího transformátoru TR4

Vyrobení tohoto transformátoru spočívá v tom, že se k sobě přilepí dvě jádra typu LJT1305 a na ně se navine teflonovým drátkem transformátor s jedním primárním a dvěma sekundárními vinutími podle následujících navíjecích předpisů:

**Jádro:** 2 kusy jádra typu LJT 1305/ CF 138

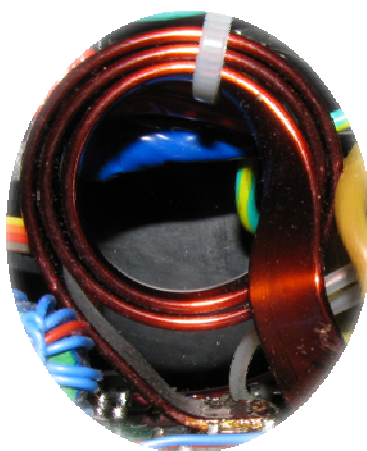
**Vinutí:**

- primární: - 5 závitů, drát Ø 0,4mm
- sekundární: - 2 x 10 závitů, drát Ø 0,4mm

## 6.4 Výroba vzduchové indukčnosti L4

Indukčnost vzduchové cívky by měla být asi  $1\mu\text{H}$ . Tato hodnota však není pevně daná. Důležité je, aby cívka změkčila výkonové trafo. Kvůli úspoře místa se měděná pásovina navíjí na sebe. Podle následujícího obrázku byla indukčnost navinuta na vnitřní průměr 33mm při třech závitech.

Tato součástka se připájí na velkou SMD, která je pro ni uzpůsobena.

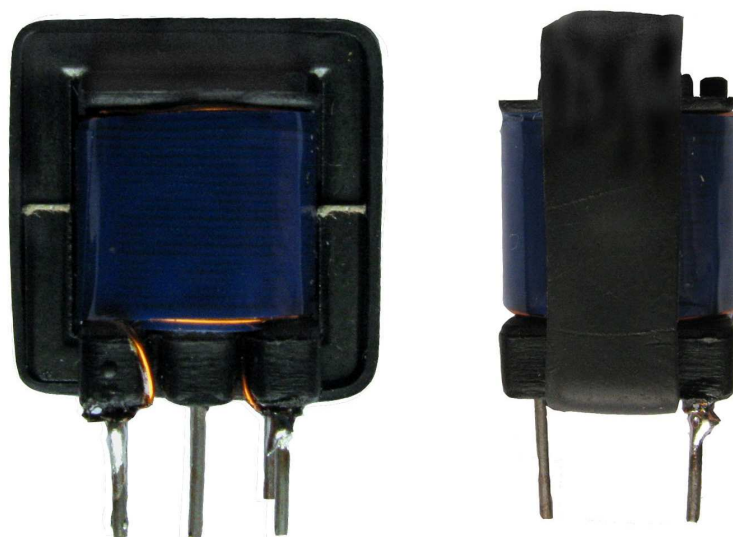


*Obr. 26: Názorná fotografie indukčnosti L4*

## 6.5 Výroba přídatné indukčnosti L1

Tato indukčnost se vyrobí tak, že se nejprve na kostřičku navine potřebný počet závitů. Obě zakončení se zespodu napájí na krajové nohy z jedné strany. Kvůli bezpečnosti je nutné každou vrstvu cívky oddělit izolační vrstvou, v tomto případě modrou páskou. Poté se z papíru, jenž má stanovenou tloušťku, nastříhají čtverečky. Ty musejí být tak velké, jako jednotlivé stykové plošky E jádra. Tyto papírky se z jedné strany nalepí momentovým lepidlem na E jádro. Po kontrole průchodnosti kostřičkou se mohou jádra přilepit k sobě.

Pro jistotu se musejí jádra zajistit. To se provede tak, že se ustříhne asi 5mm široký kousek smršťovací bužírky, která má takový průměr, aby přešla přes obě jádra i přes nožičky kostřičky. Opatrně se bužírka horkovzdušnou pistolí „zafoukne“ až do úplného přilnutí k jádrům. Hotová přídatná indukčnost se nachází na následujícím obrázku.



*Obr. 27: Fotografie přídatné indukčnosti L1*



## 7 CHLADICÍ SOUSTAVA

Chladicí soustava nabíječky představuje veškeré prvky zajišťující bezpečnou teplotu jednotlivých součástek. Mezi největší tepelné spotřebiče patří oba výkonové tranzistory T1, T2, dále diody v propustném měniči D6, D7 a výkonový Grätzův můstek B1. Při pohledu na proudovou dráhu propustného měniče zbývají z polovodičových součástek ještě demagnetizační diody D1, D2. Vzhledem k tomu, že jimi teče pouze demagnetizační proud, tak nejsou připojené na chladič.

K chlazení polovodičových součástek se v tomto zařízení používá chladiče SK544, standardně dodávaným firmou Fischer elektronik. K tomuto chladičímu prvku jsou upevněny následující součástky: B1, T1, T2, D6, D7 a dioda Dx. Důvod, proč musí být tato dioda připojena na chladič, byl popsán v kapitole 4.9. Veškeré otvory, rozměry a pozice součástek pro přípravu chladiče jsou zakresleny na výkresu číslo 1 v příloze. Jednotlivé součástky se upevní následovně:

- Mezi diodový můstek B1 a chladič se nanese pouze teplovodivá pasta, protože samotný můstek je již v izolovaném pouzdře.
- Mezi tranzistory a chladič se umístí keramická podložka, po obou stranách potřená již zmíněnou silikonovou pastou. Na šroubu musí být navléknuta izolační podložka tvaru hříbu.
- Pod všechny diody se umístí podložka KAPTON, která se již nemusí potírat pastou.

Chladič se k hlavní desce uchopí tak, že se přišroubuje dvěma šrouby M3 skrze vyznačené otvory v desce – chladič se nachází na DPS ze strany BOTTOM. Mezi hlavní desku a chladič se kvůli izolačním vzdálenostem umístí dvě podložky (viz výkres č. 2). Podložka může být například z kuprexitu – ze stejného materiálu se vyrábějí i desky pro plošné spoje. Jejich kraje jsou zbroušeny a zalakovány, aby se v nich nemohla usazovat vlhkost.

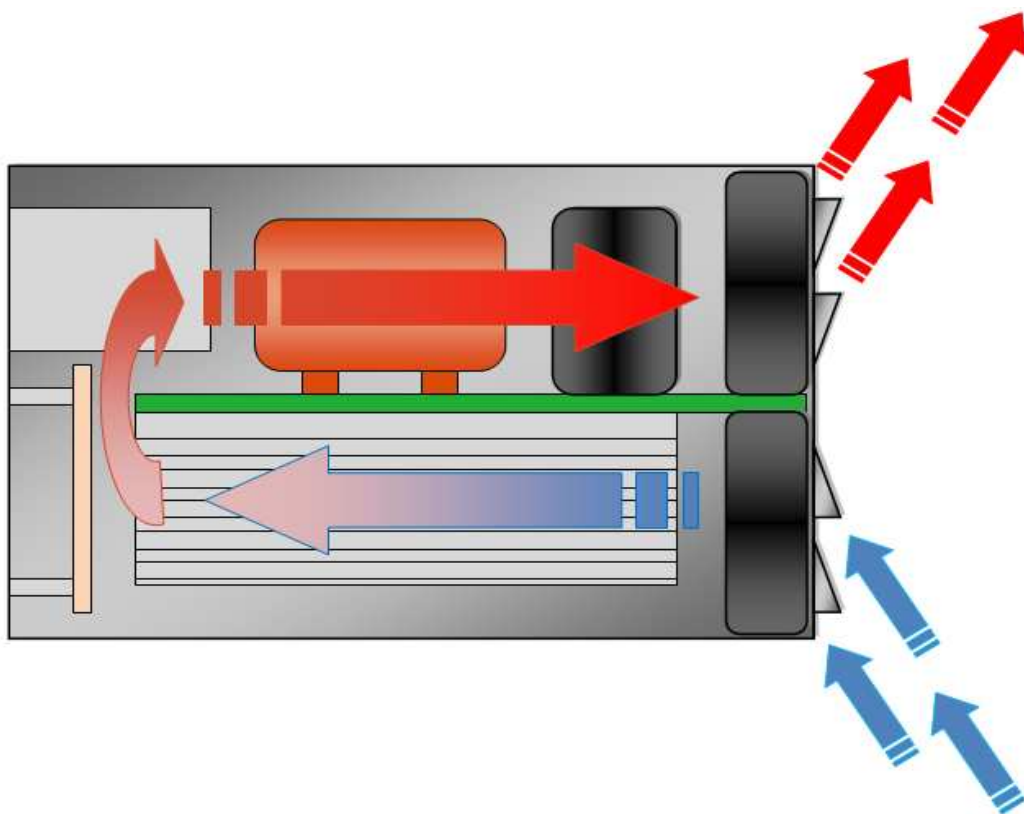
Při montáži chladiče na HD je výhodný následující postup. Nejprve se upevní chladič k Hlavní desce dvěma šrouby M3 tak, že mezi DH a chladičem budou dvě zmiňované kuprexitové podložky. Poté se přišroubují polovodičové součástky dle pravidel popsanych v předchozích odrážkách. Po správném umístění součástek se mohou polovodiče zapájet. Rozhodně není doporučeno nejdřív zapájet součástky a poté chladič, neboť by se nikdy správně neodhadla délka nožiček daných součástek.



*Z bezpečnostních důvodů by se měl chladič uzemnit. Pro tento účel se může použít například šroubu, jenž upevňuje diodový můstek B1 a vstupní svorky uzemnění (pad<sup>1</sup> PE).*

Za největší zdroj tepla se v nabíječce dá označit výkonový transformátor TR1. Ten je chlazen pomocí ventilátorů. Princip chlazení je znázorněn na následujícím obrázku.

Ventilátory se sepnou, jakmile nabíječka dodává určitý proud (viz kapitola 4.8). Bylo by totiž nevýhodné, kdyby nabíječka dávala proud 3A a ventilátory by vytvářely hluk prakticky nadarmo, neboť při tak malých proudech jsou všechny tepelné spotřebiče studené. Takové zbytečné profukování přístroj zbůhdarma zanáší prachem.



*Obr. 28: Znázornění profukování přístrojové skřínky z jedné strany bez vzájemného omezování*

---

<sup>1</sup> PAD – termín používaný programem EAGLE vlastně o otvor v desce, kolem něhož je měď, ke které se součástka připájí. Dále existuje tzv. VIAS, což značí pouze prokov z jedné strany desky nadruhou.



Tento způsob chlazení by se mohl pojmenovat jako *jednostranné profukování bez vzájemného omezování*. Metoda funguje díky žebrovaným lamelám (viz výkres č. 7), které jsou směřované opačně. Chladný vzduch se nasává z jedné strany a vyfukuje na druhou půlku stěny opačným směrem.

Díky této chladicí metodě se veškeré proudění vzduchu odehrává za nabíječkou. Proto přední kryt nemusí být opatřen otvory a zbude více místa pro vhodné rozmístění kontrollek, přepínačů atd. Navíc výška skříňky odpovídá výšce ventilátoru a šířka dvěma ventilátorům, které jsou od sebe oddělené Hlavní deskou. Ta je kratší než samotná skříňka, aby za předním panelem vznikl prostor, ve kterém se bude vzduch otáčet.



## 8 MECHANICKÁ ČÁST NABÍJEČKY

Mechanickou část tvoří přístrojová skříňka a všechny prvky, které přidržují jednotlivé komponenty. Příloha obsahuje 9 výkresů popisujících rozměry jednotlivých částí. Tyto výkresy, nakreslené v programu Auto CAD 2009, jsou i součástí digitální přílohy této práce.

Hlavním konstrukčním prvkem je beze sporu *přístrojová skříňka*, kterou tvoří dno (korpus) a víko. V amatérských podmínkách by byla výroba značně komplikovaná a nepřesná, proto skříňku vyrobila firma *AZ servis Nové Veselí*. Korpus je z plechu o tloušťce 1,5mm. Jeho rozměry zachycují výkresy č. 3, 4, 5. Dvojitá čerchovaná čára značí místo ohybu (tak tomu bude u všech ohýbaných částí).<sup>2</sup> Korpus je tvořen dnem, předním a zadním panelem. Ohyb o tloušťce 10mm představuje značné výhody. Tou první je, že víko krásně dosedne na korpus. Zároveň se tyto lemy opatří čtyřmi otvory se závitem M4, do kterých se natočí šrouby fixující víko. Asi nejdůležitější funkcí lemů je ta, že jsou k sobě na čtyřech místech svařené, čímž se několikrát zvětší pevnost korpusu v krutu.

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole, zadní čelo přístrojové skřínky se kvůli chlazení musí opatřit lamelami směřovanými od sebe. Vzhledem k ohybům, které se nacházejí blízko lamel, by se tato skříňka v daných podmínkách nedala vyrobit. Ohýbací stroj by totiž svojí činností zdeformoval veškeré směřované lamely. Tento problém se vyřešil tak, že zadní panel je tvořen dvěma velkými kulatými otvory (výkres č. 5). Přes zadní panel se překryje plech, jenž je rozměrově stejně velký, jak samotný zadní panel. Tento plech je již opatřen směřovanými lamelami (výkres č. 7). Šest otvorů v tomto plechu i zadním panelu slouží nejen k upevnění tohoto plechu, ale zároveň k připevnění obou ventilátorů pomocí šroubů M3 x 36 a obyčejných matic M3.

Do předního panelu se síťový filtr upevní dvěma šrouby M3 se zápusnou hlavou (pozice úplně vlevo). DRN se k přednímu panelu uchytlí podle pokynů v kapitole 5.2. Plastové průchodky se na otvory o průměru 10mm pouze navlečou. Zajištění výstupních kabelů proti vytrhnutí je provedeno plechem C na výkresu č. 8. Ten se přišroubuje přes díry nacházejícími se na dně hned za otvory pro výstupní kabely. Čtyři otvory v rozích dna slouží k uchycení přístrojových nožiček.

Hlavní deska se do Přístrojové skřínky uchycuje následujícím způsobem. Část bez otvorů se vsune mezi ventilátory. Plech B se přišroubuje ke spodnímu otvoru na HD a ke dnu nabíječky. Horní část nabíječky se zaaretuje

---

<sup>2</sup> Výkresy jsou optimalizované tak, aby všechny ohyby směřovaly dolů. Je tomu tak proto, že CNC stroj veškeré otvory a hrany neořezává, nýbrž vyráží ostrým nástrojem. Horní hrana je tedy zaoblená a spodní ostrá. Ostrá hrana se nijak zvlášť neopracovává, proto musí být směřována dolů.



plechem A (oba tyto plechy se nacházejí na výkrese č. 8). Ten se přišroubuje na distanční sloupek (při pohledu na přední panel levý honí sloupek). Mezi plech a hlavní desku, a mezi šroub a HD by se měla dát plastová podložka (např. plastová trubička). Po dotáhnutí ventilátorů bude Hlavní deska pevně ukotvená.

Na vnitřní stranu víka se musí nalepit izolační guma. Ta jednak zabraňuje případnému kontaktu skříňky s elektrickou částí, a zároveň zabraňuje podfukování desky.

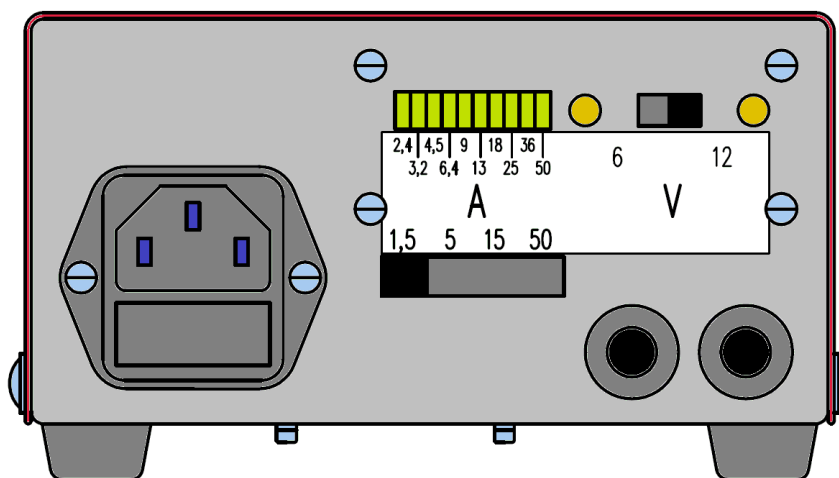
V příloze jsou uvedeny některé fotografie nabíječky.

## 9 UŽIVATELSKÝ MANUÁL

Tato nabíječka je určena k nabíjení olověných akumulátorů různých kapacit o jmenovitém napětí 6 a 12V. Veškeré ovládání a výměna pojistek se dá provést, aniž by se musela rozdělovat přístrojová skříňka. Nabíječku lze použít při startování vozidla jako pomoc akumulátoru, a to proudem 50A.

Nabíjecí metoda tohoto přístroje se jmenuje *nabíjení konstantním napětím s omezením proudu*. To znamená, že pokud nabíječka neomezuje proud tekoucí do akumulátoru, tak se šesti-voltový akumulátor nabíjí konstantním napětím 7,2V a dvanácti-voltový napětím 14,4V.

### 9.1 Popis zařízení



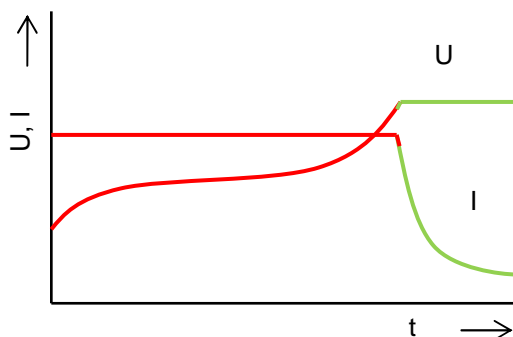
Obr. 29: Pohled na přední panel nabíječky

Pro obsluhu se nachází všeho nejdůležitější na předním panelu (viz následující obrázek). Levou část panelu zaujímá vstupní konektor typu EURO. Těsně pod otvorem na přívodní EURO kabelu se v rámci konektoru nachází pojistková skříňka. Do ní se zapojuje trubičková pojistka na 5A. Při běžném provozu by se pojistka neměla přetavit. Při případném přetavení by se však měl vyhledat odborný servis.

Prostřední díl panelu zabírá část, která zobrazuje a omezuje velikost proudu. Deset zelených segmentů znázorňuje bargraf, který plní funkci ampérmetru.

Každému segmentu odpovídá hodnota proudu napsaná na stupnici. Přepínač pod bargrafem nastavuje proudové omezení. Jedná se vlastně o maximální hodnotu výstupního proudu, která je nabíječce povolena. Hodnoty omezení jsou znázorněny nad přepínačem.

Pravou horní část tvoří přepínač napětových rozsahů 6 a 12V. Z každé strany přepínače se nachází kontrolka. Při jakémkoli provozním stavu svítí kontrolka, a to vždy na té straně, na které se nachází jezdec přepínače. Tedy pro rozsah 6V svítí levá a pro 12V svítí pravá kontrolka. Obě jsou však schopny rozsvítit se buď červeně nebo zeleně. Variantu rozsvícení červeně nebo zeleně barvy ukazuje následující obrázek.



Obr. 30: Znázornění barvy svícení pro určitou velikost napětí a proudu

**Červená kontrolka** (na obrázku červené pásmo) svítí, pokud je proud nabíječkou omezován. Dále to také znamená, že napětí na akumulátoru ještě nevzrostlo na úroveň konstantního napětí.

**Zelená kontrolka** se rozsvítí těsně před dosažením hodnoty konstantního napětí. To znamená, že nabíjecí proud již není omezován. Jakmile se dosáhne konstantního napětí, kontrolka bude chvíli blikat.

Z levého spodního rohu nabíječky vedou výstupní kabely se svorkami. Na kladné svorce se nachází pouzdro pojistky MAXI s pojistkou 70A. Tato pojistka se přepálí, pokud obsluha chybně připojí nabíječku k akumulátoru.

## 9.2 Návod k použití

Před začátkem nabíjení je nutné zjistit si velikost kapacity akumulátoru a přepínač jmenovitého napětí mít na správné úrovni. Poté se zvolí proudové omezení tak, aby byl omezující proud zhruba desetkrát menší, než je velikost kapacity. Například pro akumulátor 45Ah se zvolí omezení 5A. Pokud by se kapacita nacházela na rozmezí dvou omezení, pro akumulátor bude lepší zvolit nižší hodnotu omezujícího proudu.



Nyní se připojí svorky nabíječky na akumulátor a nabíječka do sítě. To, že se bude brzy blížit konec nabíjení, oznamuje zelené světlo svítící u zvoleného rozsahu. Od tohoto okamžiku začne i proud na bargrafu klesat. Baterie bude nabitá, až proud klesne k minimu.

Je nutné si uvědomit, že nabíječka má místo zadního panelu lamely pro chlazení. Není tedy vhodné umisťovat ji k předmětům, které by jí bránily v chlazení.



## 10 ZÁVĚR

Popisovaná verze nabíječky v současné době ještě není vyrobená. Hlavním důvodem jsou opožděné dodávky součástek, které pozdržely celý proces výroby.

Tato publikace by však měla obsahovat téměř všechny informace pro výrobu nabíječky. Drobné mezery mohou být v hodnotách různých elektrických součástek, protože tyto hodnoty se nastavují až při oživování tohoto zdroje.

Největší časovou zátěž celé diplomové práce představovalo navrhování desek plošných spojů. Byly tvořeny v programu EAGLE. Obě desky jsou uvedeny v digitální příloze. Přípona souboru *\*.sch* představuje schéma a přípona *\*.brd* napovídá, že jde o DPS. Spoustu součástek muselo být vytvořeno, neboť se tyto součástky nenacházely ve volně dostupných knihovnách. Tyto vytvořené součástky se nacházejí v souboru *Nabijacka.lbr*, který se taktéž nachází v digitální příloze práce.

Fotografie v příloze se vztahují k prvnímu prototypu nabíječky. Ten byl vyroben a odzkoušen v rámci semestrálních projektů.





## LITERATURA

- [ 1 ] Hammerbauer J.:  
[http://stag.zcu.cz/fel/kae/enz/Texty\\_folie/Texty/Akum\\_Pb\\_ot\\_\\_a\\_herm.pdf](http://stag.zcu.cz/fel/kae/enz/Texty_folie/Texty/Akum_Pb_ot__a_herm.pdf)
- [ 2 ] Kadlec J.: Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem, Brno 2008
- [ 3 ] <http://www.autopress.cz/?page=17.nabijeni-a-nabijece-jak-dostat-z-akumulatoru-maximum>
- [ 4 ] Sobotka D.: Inteligentní nabíječka pro elektrický skútr, Brno 2001
- [ 5 ] Snítily D.: Inteligentní nabíječka pro trakční akumulátor Li-ion, VUT v Brně, 2006
- [ 6 ] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/25566/STMICROELECTRONICS/UC3845.html>
- [ 7 ] <http://www.ges.cz/sheets/1/lm2576t.pdf>
- [ 8 ] [http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/330/330-042/dsh.330-042.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-042/dsh.330-042.1.pdf)



## SEZNAMY KOMPONENT

Tabulka 2: Seznam součástek hlavní desky

Název	Hodnota	Pouzdro	Poznámky
Rezistory			
R14	3R3	1206	
R13	4R7		
R19, R20, R22, R23	33		
R15, R17	100		
R21, R24	470		
R10	680		
R8, R12	10K		
R11	1K2		
R18	22K//39K		
R3, R4, R7	2K2		
R9	6K8		
R25, R26, R27, R28	47K		
R16	10	2w	
R5, R6	22		
Termistory			
R1, R2	33	B57237S0330M000	SEMIC
Kondenzátory			
C11	1n	keramické - 1206	
C9	10n		
C12	100n		
C16	1u		
C2	470M/400V	elektrolytické	
C7, C13	220u/25V		
C8	330u/50V		
C4	1000M/63V		GES
C15	100u/63V		
C1	4n7/Y	svitkové	FARNELL
C3	470n/630V		FARNELL
C5, C6	680p/630V		SEMIC
C10	330p		FARNELL
C14	1u5/275ACV		FARNELL



<b>Diody</b>			
D10, D12	1N4148 SMD	SOT80	
D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20	BAT46		
D3, D4, D5	BYV26C	SOD57	
D1, D2	MUR1660CT nebo ISL9K860	TO220	
D7, D8	STTH6003CW	SOT93	GME
D6	SK36A SMD	SMA	GME
<b>Transily</b>			
D21, D22	SM6T27A SMD	SMB	GME
<b>Diodové můstky</b>			
B1	KBU8G	KBU	GME
D9, D11	B250C1000SMD	SMD	GME
<b>Integrované obvody</b>			
IC1	LM2576T-ADJ	TO220-5	GME, GES
IO2	UC3845	DIL8	
<b>Tranzistory</b>			
T1, T2	47N60C3 nebo 47N60CFD nebo FDH44N50	TO247	
T3, T4	BDP950	SOT223(SMD)	GME
T5	BS170		GME
<b>Tlumivka</b>			
L2	TL.SMT75- 220uH	SMT75	GME
L3	TL.SMT75- 100uH	SMT75	GME
<b>Síťový transformátor</b>			
TR3	TRHEI202-1X9	EE20	GME
<b>Relé</b>			
K1	RM40-1CO- 12VOLT		GES



Tabulka 3: Seznam součástek Desky regulátoru napětí

Název	Hodnota	Pouzdro	Poznámky
<b>Kondenzátory</b>			
C1	47n	C0805	
C2, C8, C6	100n		
C3, C4, C5, C7	1u		
C12	x	C1206	
C10, C11	10u	C1210	
C9	100u/25V	Elektrolyt	
<b>Diody</b>			
D1, D2, D3	BAT46	SOT80	
D5	1N4148	DO35-10	
D8	1N4148	SOT80	
<b>Zenerovy diody</b>			
D4	8V	SOT80C	
<b>Integrované obvody</b>			
Ds	TL431	TO-92	
IC1	LM393N	DIL08	
IO2	LM3915	DIL18	
OZ1	TLC272	DIL08	
<b>Dvojitá LED (rudá/zelená)</b>			
D6, D7	L-59RGC*G-CA	LED d=5mm	GES
<b>LED bargraf</b>			
DZ1	DC-10GWA	LB10	GES
<b>Přepínače</b>			
S1	T24406A		AMPRA
S2	T 561		GES
<b>Rezistory</b>			
R10	82	805	
R11	220		
R18	390		
R12	680		
R30	1K		
R25	1K2		
R1	1K5		
R29	2K2		
R33	4K7		
R20	6K8		



R16	8K2		
R31, R32	10K		
R3	12K		
R27	470K		
R26	2M2		
R2	0		
R7	0		
R8			
R9			
R14	47K		
R35	rozpoj		
R35			
R17	390		
R21	680		
R34	1K	1206	
R6	8K2		
R13	680		
R5	330		
R24	1K2		
R4	3K3	0204/7	
R15, R22, R28	8K2		
R19	1M		
<b>Trimr</b>			
R23	500	PT 6-S 500R	GES
<b>Tranzistory</b>			
T1, T2	BC807-16 SMD		GME



*Tabulka 4: Seznam součástek nacházejících se mimo desky*

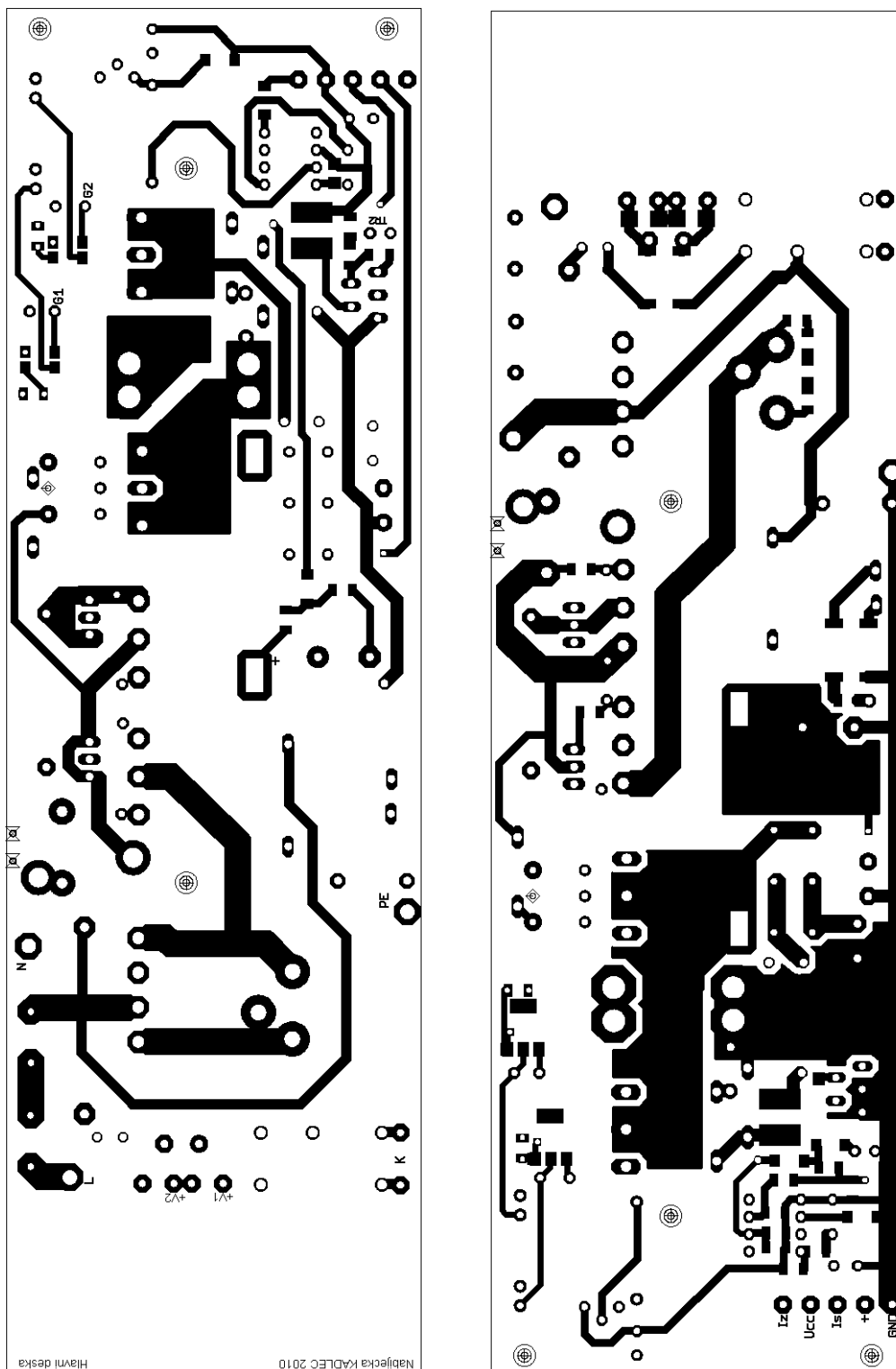
Název	Hodnota	Poznámka
<b>Ventilátory</b>		
V1, V2	KD2406PTS1 (výrobce SUNON)	GME
<b>Ochranná dioda</b>		
Dx	150EBU02	
<b>Konektor se síťovým filtrem a pojistkovým pouzdrém</b>		
EMC	DL-6DZ2R, 250V/6A (EMI FILTER)	
<b>Pojistky</b>		
F1	Trubičková pojistka 5x20mm 5A, 250V	
F2	MAXI, 70A	
<b>Ostatní</b>		
Chladič	SK 544 (asi 15,8cm)	Fischer
Pouzdro pojistky F2	Pouzdro MAXI	Josef Kopečný
3 Ks	Konektor typu FAST-ON	



*Tabulka 5: Seznam mechanických součástí*

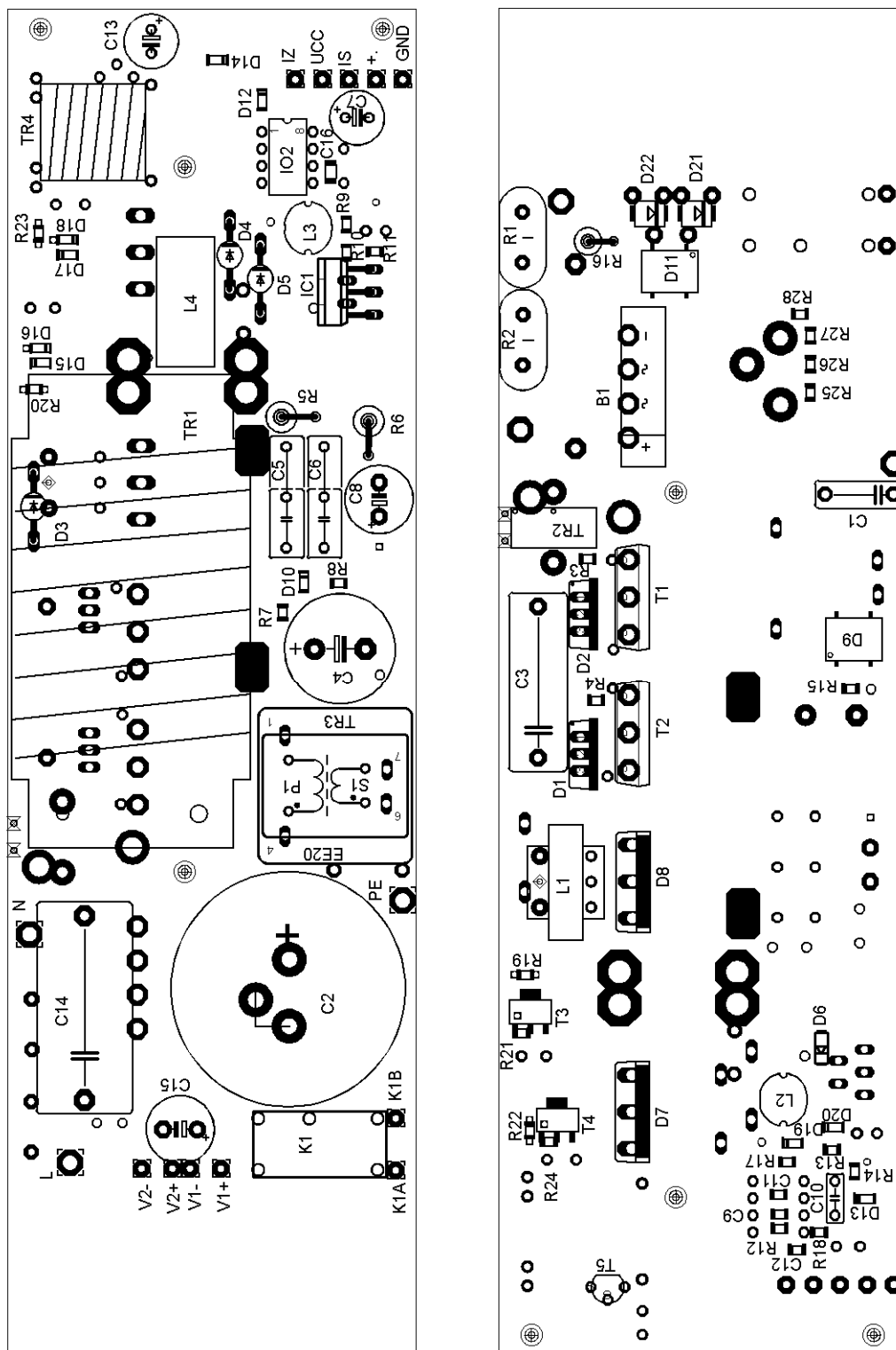
<b>Přístrojové nožičky</b>		
4ks	GF2	GES
<b>Patice pro IO</b>		
	SOKL 18	GES
	SOKL 20	GES
<b>Distanční slkoupek kovový</b>		
4ks	DA5M3X15	
<b>Průchodky gumové</b>		
2ks	KDF10	
<b>Silikonová bužírky</b>		
asi 1 m	Ø 2,0 x 0,4mm	Buček
<b>Kaptonové podložky</b>		
3ks	Na pouzdro SOT93	
<b>Keramické podložky</b>		
2ks	Na pouzdro SOT93	
<b>Přívodní kabel typu EURO</b>		
<b>Výstupní svorky</b>		
2ks	Červená a černá	
<b>Šrouby</b>		
6 ks	M3 x 36	

## DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ



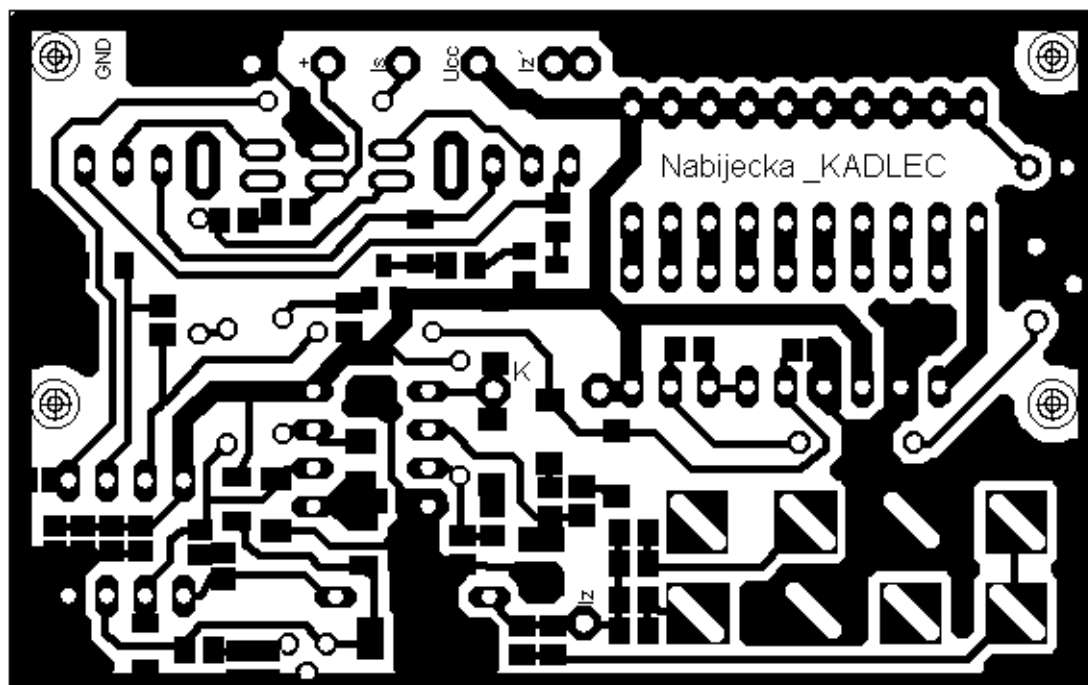
Obr. 31: Hlavní deska - DPS, vlevo strana TOP, vpravo BOTTOM (M 1 : 1)



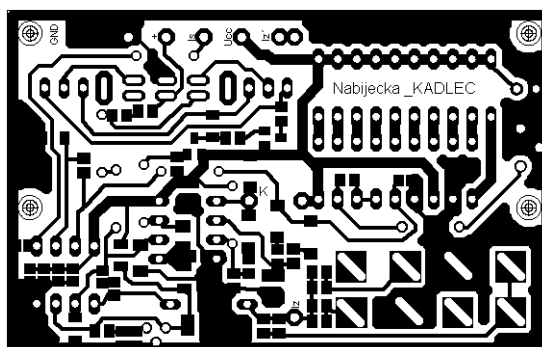


Obr. 32: Hlavní deska – pozice součástek, vlevo strana TOP, vpravo BOTTOM

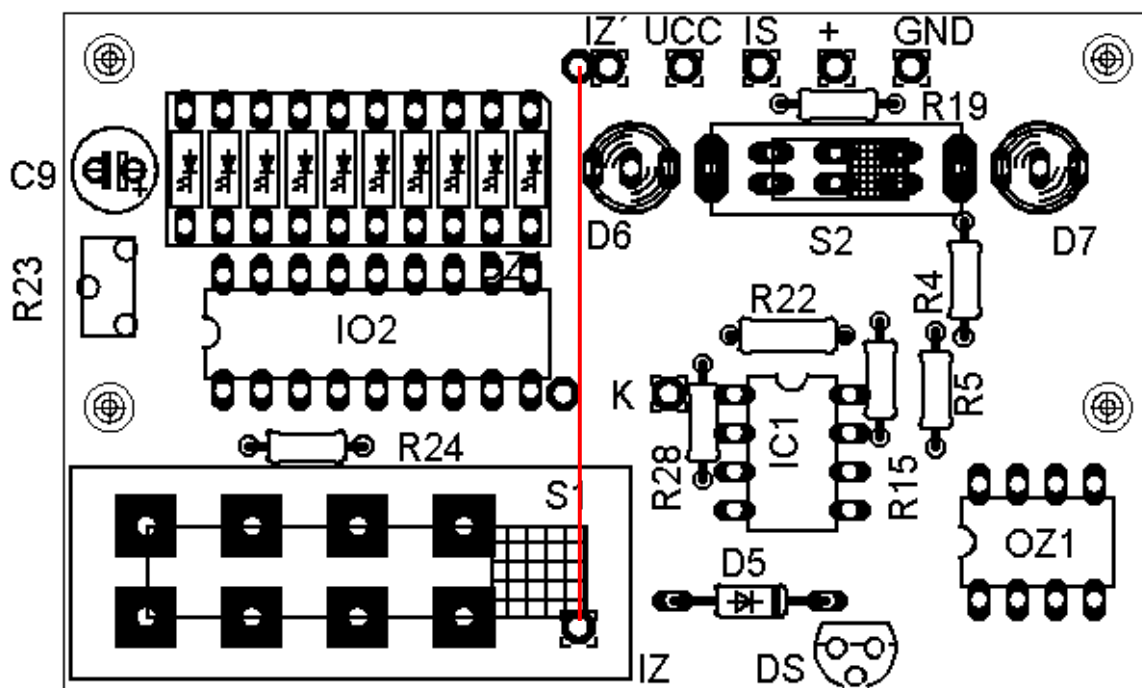
(M 1 : 1)



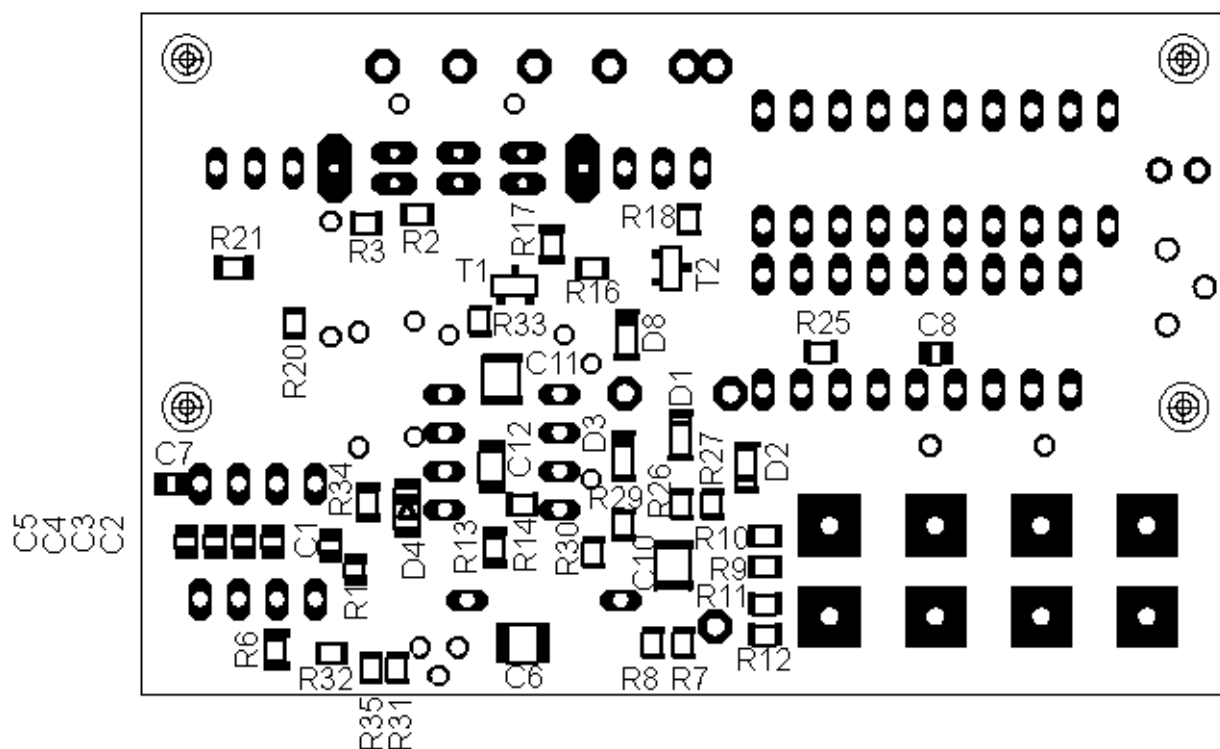
Obr. 33: Deska regulátoru napětí - DPS (M 2 : 1)



Obr. 34: Deska regulátoru napětí - DPS (M 1 : 1 )



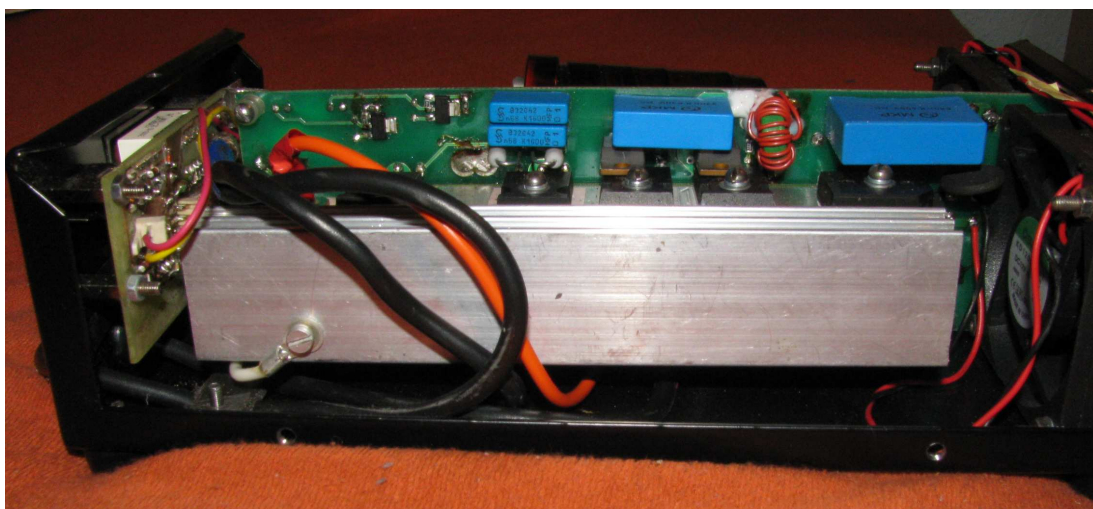
Obr. 35: Příloha č. 3: Deska regulátoru napětí - pohled ze strany TOP (M 2 : 1)



Obr. 36: Deska regulátoru napětí - pohled ze strany BOTTOM (M 2 : 1)

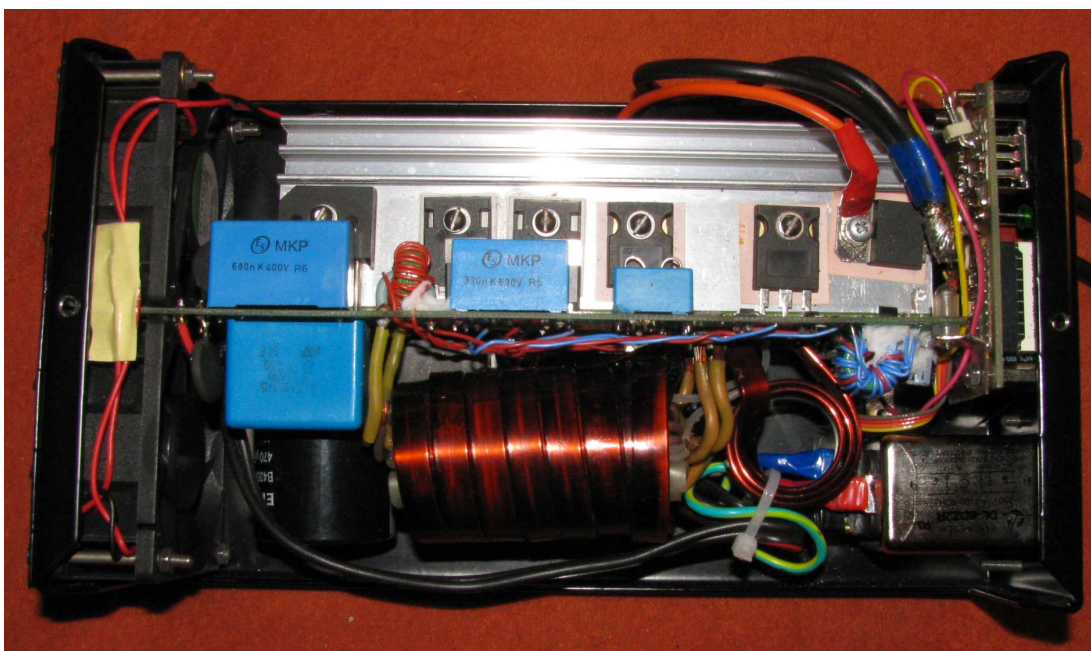


*Obr. 37: Celkový pohled na nabíječku*



*Obr. 38: Pohled ze strany chladiče*

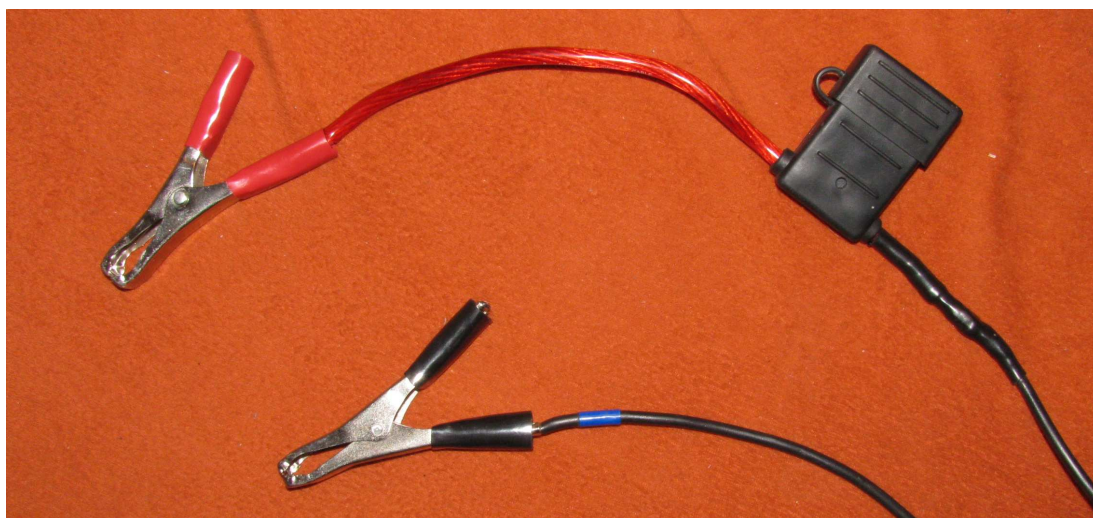




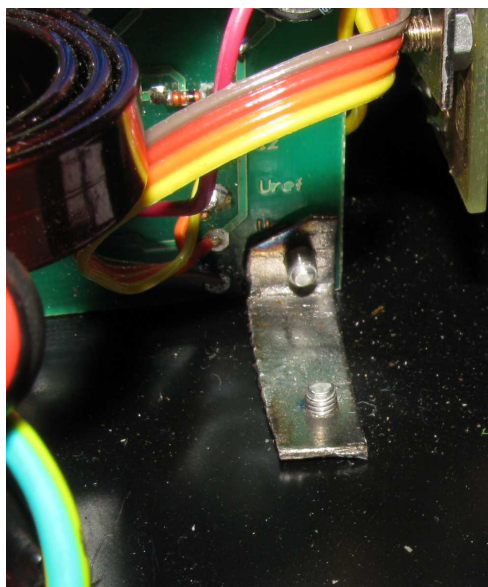
*Obr. 39: Pohled ze shora*



*Obr. 40: Pohled zezadu*



*Obr. 41: Výstupní svorky*



Obr. 42: Princip uchycení HD do  
dna korpusu



*Obr. 43: Detail nalepené izolační  
pásky na vnitřní straně víka*



## **POZNÁMKY:**